

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 5 0 2 4 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 5 0 2 4 5]

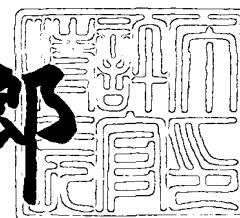
出 願 人 株式会社日立製作所
Applicant(s):

Mattingly, Stanger & Malur
Applicant: T. TAMAKI et al
Filed: August. 15, 2003

2 0 0 3 年 7 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 5 2 2 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02018421A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04L 12/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

 【氏名】 玉木 剛

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

 【氏名】 玉木 諭

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

 【識別番号】 100075096

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 作田 康夫

 【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013088

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信制御方式および無線装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線通信を行うユーザ端末がアクセスポイントを経由して有線ネットワークに接続する通信システムにおける通信制御方法であって、

複数のアクセスポイントが送信する信号の受信電力をユーザ端末で測定し、ユーザ端末が所属するアクセスポイントの信号受信電力とそれ以外のアクセスポイントの信号受信電力の比によって所望信号対干渉電力比を求め、

該信号対干渉電力比が所定の所要信号対干渉電力比と比べて大きい場合は非干渉領域、小さい場合は干渉領域にあると判断し、

非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末へのアクセスポイントからの送信時間を時分割してそれぞれ第 1 の時間帯と第 2 の時間帯とし、

上記第 1 の時間帯には、非干渉領域にある複数のユーザ端末に対して対応する複数のアクセスポイントから同時に通信を行い、

上記第 2 の時間帯には、干渉領域にあるユーザ端末に対しては複数のアクセスポイントで時間分割して通信を行うことを特徴とする通信制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の通信システムであって、

上記第 1 の時間帯と上記第 2 の時間帯の時間配分は、各アクセスポイントごとの上記非干渉領域に属するユーザ端末と上記干渉領域に属するユーザ端末の比率、またはそれぞれの領域へのデータ通信量に基づいて決定されることを特徴とする通信システム。

【請求項 3】

請求項 1 記載の通信システムであって、

上記第 1 の時間帯においては、各アクセスポイントは、共通の周波数帯を用いて通信を行っている他の通信装置を検出するキャリアセンスを無効にすることを特徴とする通信システム。

【請求項 4】

請求項 1 記載の通信システムであって、

各アクセスポイントから所定の送信電力で送信されるビーコン信号が各ユーザ端末に受信された際の受信電力に基づいて、上記非干渉領域と上記干渉領域を区別することを特徴とする通信システム。

【請求項 5】

請求項 4 記載の通信システムであって、

上記第 1 の時間帯において、上記ビーコン信号の受信電力に応じて各ユーザ端末へのデータ信号の送信電力を制御することを特徴とする通信システム。

【請求項 6】

複数のアクセスポイントと、上記アクセスポイントを介して有線ネットワークに接続する複数のユーザ端末とを有する無線通信システムにおいて上記複数のアクセスポイントに接続され、上記各アクセスポイントからそれぞれに対応する複数のユーザ端末へのデータ送信を管理する管理サーバであって、

上記複数のアクセスポイントを介して、上記複数のユーザ端末のそれぞれにおける所望信号と干渉信号の受信電力比である所望信号対干渉電力比の通知を受信する通信インタフェース信号処理部と、

上記通信インタフェース信号処理部で受信した情報を保持するデータベースと

上記データベースに保持された情報をもとに、上記有線インタフェース信号処理部を介して上記複数のアクセスポイントに送信される送信制御情報を生成する送信制御情報計算部とを有し、

上記送信制御情報計算部は、上記所望信号対干渉電力比をもとに上記複数のユーザ端末を非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末に区分し、非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末へのアクセスポイントからの送信時間を時分割してそれぞれ第 1 の時間帯と第 2 の時間帯とし、上記複数のアクセスポイントに対し、上記第 1 の時間帯には、非干渉領域にある複数のユーザ端末に対して対応する複数のアクセスポイントから同時に通信を行い、上記第 2 の時間帯には、干渉領域にあるユーザ端末に対しては複数のアクセスポイントで時間分割して通信を行うよう指示する制御信号を送信することを特徴とす

る管理サーバ。

【請求項 7】

請求項 6 記載の管理サーバであって、

上記送信制御情報計算部は、各アクセスポイントごとの上記非干渉領域に属するユーザ端末と上記干渉領域に属するユーザ端末の比率に基づいて第 1 の時間帯と上記第 2 の時間帯の時間配分を決定することを特徴とする管理サーバ。

【請求項 8】

請求項 6 記載の管理サーバであって、

上記送信制御情報計算部は、各アクセスポイントごとの上記非干渉領域と上記干渉領域へのデータ通信量に基づいて第 1 の時間帯と上記第 2 の時間帯の時間配分を決定することを特徴とする管理サーバ。

【請求項 9】

請求項 6 記載の管理サーバであって、

同期信号を生成する同期信号生成部を有し、上記同期信号は、上記優先インタフェース信号処理部を介して上記複数のアクセスポイントに送信されることを特徴とするサーバ装置。

【請求項 10】

請求項 6 ないし 8 のうちいずれかに記載のサーバ装置であって、上記データベースに上記各アクセスポイントから上記複数のユーザ端末へのデータ送信状態についての情報を保持することを特徴とするサーバ装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載のサーバ装置であって、上記データ送信状態は、上記各アクセスポイントから上記複数のユーザ端末へ送信されるデータパケットを保持する送信キューにおける、端末ごと、または非干渉領域若しくは干渉領域の領域別のパケット数であることを特徴とするサーバ装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載のサーバ装置であって、上記有線ネットワークから上記複数のアクセスポイントを介して上記複数のユーザ端末に送信されるデータ信号の送信を仲介し、上記送信キューは該サーバ装置内に具備されるものであることを特徴

とするサーバ装置。

【請求項 13】

複数のアクセスポイント装置と、上記アクセスポイント装置を介して有線ネットワークに接続する複数のユーザ端末と、上記複数のアクセスポイント装置からそれぞれに対応する複数のユーザ端末へのデータ送信を管理する管理サーバとを有する無線通信システムにおいて複数のユーザ端末と無線通信を行うアクセスポイント装置であって、

上記管理サーバから受信される同期信号に基づいて同期をとる同期タイマと、
上記同期タイマと上記管理サーバから送信される送信制御情報とに基づいて上記複数のユーザ端末への信号送信を制御する送信制御部とを有し、

上記複数のユーザ端末は、それぞれにおける所望信号と干渉信号の受信電力比である所望信号対干渉電力比に基づいて非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末に区分され、

上記送信制御情報は、非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末へのアクセスポイントからの送信時間を時分割してそれぞれ第1の時間帯と第2の時間帯とし、上記複数のアクセスポイントに対し、上記第1の時間帯には、非干渉領域にある複数のユーザ端末に対して対応する他のアクセスポイントと同時に通信を行い、上記第2の時間帯には、干渉領域にあるユーザ端末に対しては他のアクセスポイントと時間分割して通信を行うよう指示する情報であることを特徴とするアクセスポイント装置。

【請求項 14】

請求項 13 記載のアクセスポイント装置であって、
上記送信制御情報は、上記各ユーザ端末への信号送信の送信電力情報を含み、
上記送信制御部は、上記送信電力情報に応じた送信電力で上記ユーザ端末への信号送信を行うことを特徴とするアクセスポイント装置。

【請求項 15】

請求項 13 記載のアクセスポイント装置であって、
ビーコン生成部を有し、該ビーコン生成部で生成したビーコン信号を無線で送信し、

各ユーザ装置から、そのユーザ装置において受信した該アクセスポイント装置及び他のアクセスポイント装置からのビーコン信号の受信電力の情報を受信して上記管理サーバに転送し、

上記送信制御情報は上記受信電力の情報に基づいて計算されるものであることを特徴とするアクセスポイント装置。

【請求項 16】

請求項 13 記載のアクセスポイント装置であって、

上記第 1 の時間帯においては、各アクセスポイントは、共通の周波数帯を用いて通信を行っている他の通信装置を検出するキャリアセンスを無効にすることを特徴とするアクセスポイント装置。

【請求項 17】

請求項 1 記載の通信制御方法において、アクセスポイントから端末への通信時間の単位を 1 フレーム時間として、1 つのアクセスポイントに所属するユーザ端末数に対して非干渉領域にあるユーザ端末数の比（非干渉確率）を求め、複数アクセスポイント各々の非干渉確率の積を前記 1 フレーム時間にかけた時間を、非干渉領域にあるユーザ端末に対して複数アクセスポイントで同時通信を行ない、複数アクセスポイント各々で 1 から非干渉確率を引いた値（干渉確率）の積を前記 1 フレーム時間にかけた時間を、干渉領域にあるユーザ端末に対して複数アクセスポイントで時分割により通信を行ない、1 フレーム時間の残りの時間については一つのアクセスポイントが非干渉領域にあるユーザ端末と通信し、残りが干渉領域にあるユーザ端末と通信する時間を分割することを特徴とする通信制御方法。

【請求項 18】

請求項 17 記載の通信制御方法において、複数アクセスポイントで各々の非干渉確率の最小値を前記 1 フレーム時間にかけた時間を、複数アクセスポイントで非干渉領域にあるユーザ端末に対する同時通信時間に割り当て、それ以外の時間を干渉領域にあるユーザ端末に対して複数アクセスポイントで時分割により通信することを特徴とする通信制御方法。

【請求項 19】

請求項 1 7 または請求項 1 8 記載の通信制御方法において、非干渉確率を 1 つのアクセスポイントに所属するユーザ端末のトラフィック総和に対する非干渉領域にあるユーザ端末のトラフィック総和と定義する通信制御方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 9 記載の通信制御方法において、アクセスポイントからユーザ端末へのデータが、アクセスポイントの送信キューに入ってくる単位時間あたりのビット数をトラフィックと定義する通信制御方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 9 記載の通信制御方法において、アクセスポイントからユーザ端末へのデータが、アクセスポイントの送信キューに入っている送信キューの平均長をトラフィックと定義する通信制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無線通信システムにおける無線アクセス方式および伝送方式に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来の無線アクセスシステムでは、無線LANに代表されるように、ユーザ端末はアクセスポイントを介して有線ネットワークに接続し、インターネットサービスを楽しむことができる。従来の無線LANシステムでは、複数のユーザ端末・アクセスポイント間の通信時間を、共通の周波数帯を用いて通信を行っている他の通信装置を検出するキャリアセンスの仕組みによって時分割することで干渉を回避しているが、単位時間あたりに伝送できるデータ量が増えないため、アクセスポイントの数を増やしてもシステム全体のスループットが増えず、アクセスポイント一つあたりのスループットが低下するという問題があげられる。

【0 0 0 3】

同出願人が先に出願した特願2002-180775では、上記問題に対する対策として、複数のアクセスポイント間で同時に通信することによりシステム全体のスル-

プットを増加させる仕組みを提供している。

【0 0 0 4】

図 1 に、アクセスポイント並列伝送によるスループット向上方法の説明図を示す。アクセスポイント 101a・101b・101c が、同時にユーザ端末 102a・102b・102c に通信を行なっている様子を示している。このとき、アクセスポイント 101a から送信したデータの電波が、アクセスポイント 101b のキャリアセンスで検出されないように、アクセスポイント 101a の電波到達範囲を抑制することで、同時通信を実現している。キャリアセンスで検出されない条件は、アクセスポイント 101a が送信した電波をアクセスポイント 101b で受信した電力が、アクセスポイント 101b で設定した基準受信電力（以降ではキャリアセンス閾値と呼ぶ）よりも下回っていればよい。

【0 0 0 5】

同様に、アクセスポイント 101b が送信した電波が、アクセスポイント 101c のキャリアセンスで検出されないように、並列伝送を行なうアクセスポイント間で電波到達範囲を制御する仕組みを特願 2002-180775 で提供している。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

上述の無線アクセス方式では、データ通信パケットが同時に送信できる条件を満たすように制御する仕組みが述べられているが、送信されたパケットが他のデータ通信の干渉により正しく受信されず、廃棄される場合があるという問題については述べられていない。

【0 0 0 7】

図 2 に、無線アクセスシステムにおける受信対干渉電力の説明図を示す。アクセスポイント 101a が送信電力 AP1_TXP でデータパケットを送信し、ユーザ端末 102a は受信電力 AP1_STA1_RXP で所望信号として受信する。また、アクセスポイント 102a がユーザ端末 102b に対して送信電力 AP2_TXP でデータパケットを送信した信号を、ユーザ端末 102a は受信電力 AP2_STA1_RXP で干渉信号として受信する。このとき、所望信号と干渉信号の電力比が受信対干渉電力 となる。受信器の復調能力に依存するが、受信対干渉電力 SIR が所要受信対干渉電力 SIR_req 以上であれば、

データ信号が正しく復調され、所要受信対干渉電力SIR_req以下であればパケット衝突によりデータが誤って復調される。

【0 0 0 8】

図 3 に、受信対干渉電力SIRの地理的分布例のグラフ図を示す。10m四方の部屋を想定し、部屋のコーナーにアクセスポイント101aとアクセスポイント101bを設置した場合、両アクセスポイントが同一無線通信チャネルで等しい送信電力でデータ通信を行なったときの受信場所を変えたときの受信対干渉電力SIRの大きさを示している。所要受信対干渉電力SIR_reqを10dBとすると、アクセスポイントの周囲4m程度の範囲では、上記二つのアクセスポイントが同時通信を行なっても所要受信対干渉電力SIR_reqを満たす。所要受信対干渉電力SIR_reqを満たす領域を、以降では非干渉領域と呼ぶ。アクセスポイントから4m以上離れた領域では、所要受信対干渉電力SIR_reqを満たすことができない。この領域を、以降では干渉領域と呼ぶ。この干渉領域にあるユーザ端末に対して、上記二つのアクセスポイントが同時通信を行なうと、パケット衝突によりデータが損失してしまうという問題があげられる。

【0 0 0 9】

【課題を解決するための手段】

上述の問題に対して、非干渉領域にあるユーザ端末のスループットを向上させることを目的として、アクセスポイントに所属するユーザ端末が干渉領域にあるか非干渉領域にあるかを判断する手段と、非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末へのアクセスポイントからの送信時間を時分割する手段を用いることにより、非干渉領域にあるユーザ端末に対しては複数のアクセスポイントで同時通信を行ない、干渉領域にあるユーザ端末に対してはキャリアセンスによる時分割通信を行なうことにより、データパケット衝突によるスループット劣化を抑制する無線アクセスシステムを提供する。

【0 0 1 0】

さらに具体的には、アクセスポイントには、定期的なビーコン信号を送信する手段と、他アクセスポイントのビーコン信号の受信電力を測定する手段と、測定した受信電力とビーコン送信電力設定値を通知する手段と、ユーザ端末ごとに指

定された送信タイミングと送信電力を設定して送信する手段と、複数のアクセスポイントで同時に送信するために時間を同期する手段を具備する。また、ユーザ端末にはアクセスポイントのビーコン信号受信電力を測定する手段と、前記測定した受信電力情報を通知する手段を具備する。さらに、複数のアクセスポイントによるデータ通信を統合的に管理する装置（以降では管理サーバと呼ぶ）を設け、この管理サーバには、アクセスポイントおよびユーザ端末で測定したビーコン信号受信電力情報およびビーコン信号送信電力の情報を収集する手段と、前記収集した情報を用いてユーザ端末が干渉領域にあるか非干渉領域にあるかを判断する手段と、干渉領域にあるユーザ端末と非干渉領域にあるユーザ端末に対するデータ送信タイミングを計算する手段と、各ユーザ端末に対する送信電力を計算する手段と、計算した送信タイミングと送信電力をアクセスポイントに通知する手段と、複数アクセスポイントで同時通信を行なうためにアクセスポイント間を同期する信号を生成する手段を具備する。これらの装置によりシステムを構成し、非干渉領域にあるユーザ端末と干渉領域にあるユーザ端末への送信時間を時分割することにより、データパケット衝突を避けて非干渉領域にあるユーザ端末のスループット劣化を抑制して、システム全体のスループットを向上する無線アクセスシステムを提供する。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0012】

図4に、本発明の実施形態における各ユーザ端末に対する送信時間の時分割方法の説明図を示す。アクセスポイント101aからユーザ端末102a・102cに、アクセスポイント101bからユーザ端末102b・102dにデータ通信を行なう場合を例として説明する。ここで、ユーザ端末102aとユーザ端末102bは非干渉領域に存在するものとし、ユーザ端末102cとユーザ端末102dは干渉領域に存在するものとする。まず、非干渉領域に存在するユーザ端末102aとユーザ端末102bに対してアクセスポイント101aとアクセスポイント101bから同時通信を行なう場合を説明する。このように同時通信を行う時間を、以降では無干渉伝送時間 T_{noint} と呼ぶ。無干渉

伝送時間 T_{noint} では、複数のアクセスポイントが同時通信を行なっても、ユーザ端末において所要受信対干渉電力 SIR_{req} が満たされるため、アクセスポイントはキャリアセンスを無効化して通信を行なう。

【0013】

次に、アクセスポイント101aは非干渉領域にあるユーザ端末102aと通信し、アクセスポイント101bは干渉領域にあるユーザ端末102dと通信を行なう場合を説明する。この通信時間をAP1非干渉伝送時間 T_{AP1} と呼ぶ。AP1非干渉伝送時間では、ユーザ端末102dにおいてアクセスポイント101aからの干渉信号によってパケット衝突の可能性があるため、アクセスポイント101bのキャリアセンスを有効にする。アクセスポイント101aのキャリアセンスは無効のままとする。

【0014】

続いて、アクセスポイント101aは干渉領域にあるユーザ端末102cと通信し、アクセスポイント101bは非干渉領域にあるユーザ端末102bと通信を行なう場合を説明する。この通信時間をAP2非干渉伝送時間 T_{AP2} と呼ぶ。AP2非干渉伝送時間では、アクセスポイント101aのキャリアセンスを有効にする。アクセスポイント101bのキャリアセンスは無効とする。

【0015】

最後に、アクセスポイント101aは干渉領域にあるユーザ端末102cと通信し、アクセスポイント101bは干渉領域にあるユーザ端末102dと通信を行なう場合を説明する。この場合は、各アクセスポイントと端末との間でCSMA/CA方式等により通信を行う。この通信時間をランダムアクセス時間 T_{rnd} と呼ぶ。このとき、アクセスポイント101a・101b両方のキャリアセンスを有効にする。

【0016】

図5に、本発明の実施形態におけるシステム構成図を示す。図5のシステムでは、アクセスポイント101aとユーザ端末102a、そしてアクセスポイントを管理する管理サーバ501から構成される。ただし、管理サーバ501一つで、複数のアクセスポイントとユーザ端末を管理することができるものとする。

【0017】

管理サーバ501は、複数アクセスポイントで同時通信するタイミングを合わせ

るための同期信号を生成する同期信号生成部502と、複数アクセスポイントとの通信を行なうための有線インタフェース信号処理部505と、複数のアクセスポイントおよびユーザ端末で測定したビーコン信号受信電力情報およびビーコン信号送信電力の情報を収集する送信制御用データベース504と、送信制御用データベース504を用いて干渉領域にあるユーザ端末と非干渉領域にあるユーザ端末に対するデータ送信タイミングと、各ユーザ端末に対する送信電力を計算し、計算した送信タイミングと送信電力をアクセスポイントに通知する送信制御情報計算部503で構成される。

【 0 0 1 8 】

アクセスポイント101aは、管理サーバ501と通信するための有線インタフェース信号処理部506と、アクセスポイント間、またはユーザ端末との間の伝搬路における電波伝搬状況を調べるのに必要なビーコン信号を定期的に送信するビーコン生成部508と、無線伝送路上を誤りなく通信するためにビーコン信号やデータ信号などの送信信号を符号化および変調して無線信号を送信する無線送信器511と、受信した無線信号を元の信号に戻す復調・復号を行なう無線受信器512と、他アクセスポイントからのビーコン信号の受信電力を測定して、アクセスポイントに設定してあるビーコン送信電力値・キャリアセンス閾値と、測定したビーコン受信電力値を管理サーバ501に通知する測定情報通知部510と、管理サーバ501の送信制御情報計算部503から指定された送信タイミングと送信電力をユーザ端末ごとに設定してユーザデータを送信する送信制御部509と、複数のアクセスポイントで同時送信を行なうために管理サーバ501の同期信号生成部502で生成した同期信号に同期して送信制御部等のタイミングを制御する同期タイマ507で構成される。

【 0 0 1 9 】

ユーザ端末102aは、アクセスポイントからの無線信号を受信するための無線受信器513と、アクセスポイントのビーコン信号受信電力を測定する無線受信電力測定部515と、アクセスポイントへ受信電力測定の結果及びデータ信号などの無線信号を送信するための無線送信器514とで構成される。受信電力測定の結果は、アクセスポイントを介して管理サーバ501に通知される。

【 0 0 2 0 】

制御信号の流れとしては、アクセスポイント101aの測定情報通知部508とユーザ端末102aの無線受信電力測定部515から測定情報を管理サーバ501の送信制御用データベース504に収集し、この送信制御用データベース504を用いて送信制御情報計算部503がアクセスポイント101aの送信制御部507に対して各端末毎に送信タイミングと送信電力を計算し、該当するアクセスポイントに通知する。送信制御部507は、ユーザデータ信号に対して指定された送信タイミングと送信電力で通信を行なうように制御する。

【 0 0 2 1 】

図 6 に本発明の実施形態における制御シーケンス図を示す。まず、アクセスポイント101aはビーコン送信電力値やキャリアセンス閾値等のアクセスポイントの設定値をアクセスポイント設定情報として管理サーバ501に通知する。また、他のアクセスポイント101bが送信しているビーコン信号の受信電力を測定し、ビーコン受信電力情報として管理サーバ501に通知する。また、アクセスポイント101aからユーザ端末へのトラフィック（ダウンリンクトラフィック）情報も管理サーバ501に通知する。アクセスポイント101aのセル内にあり、アクセスポイント101aからデータを受信するユーザ端末102aは、アクセスポイント101aおよびアクセスポイント101bのビーコン信号を受信し、受信電力を測定してビーコン受信電力情報として管理サーバ501に通知する。

【 0 0 2 2 】

管理サーバ501では、上記の通知された情報を送信制御用データベース504に記録し、この情報をもとにアクセスポイント101aからユーザ端末102aへのデータパケットの送信タイミング、または送信電力などの送信制御情報を計算する。計算した結果を送信制御信号としてアクセスポイント101aに通知する。アクセスポイント101aと同様にして送信制御信号をアクセスポイント101bにも通知を行なう。アクセスポイント101aは指定された送信タイミングと送信電力でユーザデータをユーザ端末102aに送信する。

【 0 0 2 3 】

図 7 に本発明の実施形態における送信制御用データベース情報の説明図を示す

。送信制御用データベースは、各アクセスポイントAPiにおけるビーコン送信電力(APi_Btxp)とキャリアセンス閾値(APi_CSthr)を示したアクセスポイント設定情報と、アクセスポイントAPjにおける他のアクセスポイントAPiからのビーコン受信電力情報(APi_APj_Brxp)と、ユーザ端末STAjにおけるアクセスポイントAPiからのビーコン受信電力情報(APi_STAj_Brxp)と、アクセスポイントAPiからユーザ端末STAjへのトラフィック情報(APi_STAj_TRA)とで構成される。図6の制御シーケンスによって、複数のアクセスポイント、ユーザ端末から上記の情報が収集される。

【0024】

アクセスポイントAPiにおけるトラフィック情報(APi_STAj_TRA)の測定方法としては、送信制御部509の持つ送信バッファのキューに入ってくるトラフィックを単位時間あたりの情報量である実施例を示している。別の実施例としては、送信制御部509の持つ送信バッファのキュー平均長をトラフィック情報とすることもできる。

【0025】

図8・図9・図10に、本発明の実施形態における送信制御情報計算アルゴリズムを示す。

【0026】

送信制御情報計算アルゴリズムは、大きく分けて次の三つのステップをとる。
Step1: 各アクセスポイントAPiに所属する端末STAjへの所要送信電力を計算する。
Step2: 各アクセスポイントAPiに所属する端末STAjが干渉領域にあるか非干渉領域にあるかを判断し、非干渉領域と干渉領域における通信量を比較する。例えば、非干渉領域にある端末の数の割合、あるいは非干渉領域にある端末に対するトラフィックの割合（以降では非干渉確率 P_i と呼ぶ）を計算する。
Step3: Step2で求めた非干渉確率 P_i を用いて、図4で説明したアクセスポイントAPiの送信タイミング情報（無干渉伝送時間 T_{noint} 、APi非干渉時間 T_{APi} 、APj非干渉時間 T_{APj} 、ランダムアクセス時間 T_{rnd} ）を計算する。

【0027】

以降では、各ステップの詳細について図を用いて説明する。

図 8 を用いて Step1 を説明する。アクセスポイント APi を一つ選択し、アクセスポイント APi に所属する端末 STAj へのユーザデータの所要送信電力 APi_STAj_Dtxp を数 1 によって求める。

【0028】

【数 1】

$$APi_STAj_Dtxp = (APi_Btxp - APi_STAj_Brxp) + Min_Drxp + \alpha$$

数 1

【0029】

ここで、各記号は次の意味を表すものとする。

- ・ APi_Btxp : アクセスポイント APi のビーコン送信電力 (送信制御用データベースから読み込んだ値)
- ・ APi_STAj_Brxp : アクセスポイント APi のビーコンをユーザ端末 STAj が受信したビーコン受信電力 (送信制御用データベースから読み込んだ値)
- ・ Min_Drxp : ユーザデータを正しく復号・復調するのに必要な最低受信電力 (固定値)
- ・ α : 受信電力変動に対するマージン (固定値)

すべてのアクセスポイントに対して、数 1 を用いて所要送信電力を求める。ここでは、他の通信への干渉をなるべく少なくするように、不必要に高い送信電力で送信を行わないようにしている。

【0030】

図 9 を用いて Step2 を説明する。アクセスポイント APi を一つ選択し、アクセスポイント APi に所属する端末 STA j における受信対干渉電力 $SIRj$ を数 2 によって求める。

【0031】

【数 2】

$$SIR_j = 10 \log \frac{10^{(AP_i_Btxp - AP_i_STAJ_Brxp)/10}}{\sum_{k \neq i} 10^{(AP_k_Btxp - AP_k_STAJ_Brxp)/10}}$$

数 2

【0032】

次に、アクセスポイント に所属する端末の全体集合をUとし、端末STA j における受信対干渉電力SIRjが所要受信対干渉電力SIR_req以上である端末の集合をSとする。このとき、上記非干渉確率Piは、数3または数4 のいずれかによって求めることができる。

【0033】

【数 3】

$$P_i = Num_S / Num_U$$

数 3

【0034】

【数 4】

$$P_i = \sum_{j \in S} AP_i_STAJ_TRA / \sum_{j \in U} AP_i_STAJ_TRA$$

数 4

【0035】

ここで、各記号は次の意味を表すものとする。

- ・ Num_S：端末STAjにおける受信対干渉電力SIRjが所要受信対干渉電力SIR_req以上である端末の集合Sの端末数（送信制御用データベースから求める）
- ・ Num_U：アクセスポイントAPiに所属する端末全体集合Uの端末数（送信制御用データベースから求める）
- ・ APi_STAJ_TRA：アクセスポイントAPiからユーザ端末STAjへのトラフィック情報（送信制御用データベースから読み込む）

非干渉確率Piを他のアクセスポイントについても求める。

【0036】

図10を用いてStep3を説明する。伝送時間を、複数アクセスポイントが同時

に通信を行う時間及びランダムアクセスによる通信を行う時間等に分けるために、複数アクセスポイントを 1 グループとして取扱い、グループ内の全てのアクセスポイントが各種通信を行うタイミングをまとめて管理する必要がある。このようなアクセスポイントのグループを干渉アクセスポイント集合と呼ぶことにする。アクセスポイント AP_i を一つ選択し、アクセスポイント AP_i に対して数 5 を満たすアクセスポイント AP_j の集合 J (干渉アクセスポイント集合) を求める。

【0037】

【数 5】

$$(AP_j_Btxp - AP_j_APi_Brxp) \geq APi_CSthr \quad \text{数 5}$$

【0038】

ここで、各記号は次の意味を表すものとする。

・ AP_j_Btxp : アクセスポイント AP_j のビーコン送信電力 (送信制御用データベースより読み込み)

・ $AP_j_APi_Brxp$: アクセスポイント AP_j が送信したビーコン信号をアクセスポイント AP_i で受信したビーコン受信信号電力 (送信制御用データベースより読み込み)

・ APi_CSthr : アクセスポイント AP_i のキャリアセンス閾値 (送信制御用データベースより読み込み)

次に、先に求めたアクセスポイント AP_i の非干渉確率 P_i と、干渉アクセスポイント集合に属するアクセスポイント AP_j の非干渉確率 P_j を用いて、送信タイミング制御情報として、無干渉伝送時間 T_noint 、 AP_i 非干渉時間 T_APi 、 AP_j 非干渉時間 T_APj 、ランダムアクセス時間 T_rnd を数 6、7、8、9 によって求める。

【0039】

【数 6】

$$T_noint = P_i \times \prod_{j \in J} P_j \quad \text{数 6}$$

【0040】

【数 7】

$$T_APi = Pi \times \prod_{j \in J} (1 - Pj)$$

数 7

【0041】

【数 8】

$$T_APj = Pj \times (1 - Pi) \times \prod_{k(*j) \in J} (1 - Pk)$$

数 8

【0042】

【数 9】

$$T_rnd = 1 - T_no\ int - T_APi - \sum_{j \in J} T_APj$$

数 9

【0043】

また別の実施の形態では、APi非干渉時間T_APi、APj非干渉時間T_APj を0として、無干渉伝送時間T_no int、とランダムアクセス時間T_rndを数10、11によって求める。

【0044】

【数10】

$$T_no\ int = \min_{j \in J} \{Pi, Pj\}$$

数 10

【0045】

【数11】

$$T_rnd = (1 - T_no\ int)$$

数 11

【0046】

ただし、上記数式の無干渉伝送時間等は、制御フレーム時間で正規化されたものである。数1で求めた送信電力情報とあわせて、数6、7、8、9もしくは数10、11で求めた送信タイミング情報を送信制御信号としてアクセスポイントAPiに通知する。

【0047】

上記の処理を全てのアクセスポイントに対して行なう。

【0048】

図11に本発明の実施形態における、管理サーバからアクセスポイントへの送信制御信号の説明図を示す。1制御フレーム時間 T_{frame} は、アクセスポイント AP_i が所属する端末へのダウンリンクトラフィックを発生する時間の長さを表す。無干渉伝送時間 T_{noint} で非干渉領域の端末宛に送信する。干渉アクセスポイントの数 AP_{num} を通知し、 AP_{num} 分アクセスポイント AP_i のID（アドレスなど） AP_{ID} と各 AP_i 非干渉時間 T_{AP_i} を通知する。同一の干渉アクセスポイント集合内では、アクセスポイントIDを昇順に並べることにより、複数のアクセスポイント間での送信順序を保つ。なお、アクセスポイント AP_1 の干渉アクセスポイント集合とアクセスポイント AP_2 の干渉アクセスポイント集合の要素が異なる場合は、共通要素となるアクセスポイントを先に、異なる要素となるアクセスポイントを後にグループ分けして、グループ内でのアクセスポイントIDの昇順を保つものとする。

【0049】

アクセスポイント AP_i は非干渉時間 T_{AP_i} の間、非干渉領域にある端末にユーザデータを送信することができ、それ以外の時間は干渉領域にある端末に送信する。ランダムアクセス時間 T_{rnd} では、干渉領域にある端末にユーザデータを送信することができる。

【0050】

端末個数 STA_{Num} で、アクセスポイントが管理する端末数を通知する。所要受信対干渉電力 SIR_{req} で干渉領域か非干渉領域にあるかの判断基準となる SIR を示す。各端末 STA_j ごとに端末ID（アドレスなど STA_{ID} ）と、数2で求めた受信対干渉電力 SIR_j と、数1で求めた所要送信電力 $AP_i STA_j D_{\text{txp}}$ を通知する。あるいは、所要受信対干渉電力 SIR_{req} と各端末における受信対干渉電力 SIR_j を通知する代わりに、各端末が非干渉領域にあるか干渉領域にあるかを管理サーバで判断した結果をフラグとして通知しても良い。アクセスポイント AP_i は、通知された送信タイミングと送信電力に従って図11に示すように端末毎に制御を行なう。

【0051】

図12に本発明の実施形態におけるアクセスポイントの送信制御部の構成例を示す。送信制御部は、管理サーバからの送信制御信号の情報に従って、端末毎に送信タイミングと送信電力を設定する機能を担う。

【0052】

まず、ユーザデータパケットが送信制御部に到達すると、送信キュー振分け部1201で、パケットにある宛先アドレスを読み取って送信キュー1202a・1202b・1202cに振り分ける。送信キューへの割り振り方法としては、次の二つがあげられる。

- ・送信キュー1つに端末を1つずつ割り付ける方法
 - ・端末の受信対干渉電力 SIR_j が所要受信対干渉電力 SIR_{req} を満たしているものを送信キュー1つにまとめ、満たしていないものを別の送信キューにまとめる。
- これらの送信キューでパケット数をカウントすれば、アクセスポイントからユーザ端末へのトラフィック情報や非干渉領域と干渉領域の通信の割合を求めるために用いることができる。

次に、送信時間制御部1203では指定された送信タイミング情報に従って送信キューからパケットを取り出す。同期タイマ507に1制御フレーム時間 T_{frame} 、無干渉伝送時間 T_{noint} 、 AP_i 非干渉時間 T_{AP_i} 、 AP_j 非干渉時間 T_{AP_j} 、ランダムアクセス時間 T_{rnd} の情報をもとに周期割り込みの設定を行ない、割り込み時に無干渉伝送時間 T_{noint} 、 AP_i 非干渉時間 T_{AP_i} の場合には非干渉領域用の端末に割り当てた送信キューからパケットを取り出す。

【0053】

送信電力設定部1204では、端末 STA_j に対する所要送信電力 AP_i-STA_j-Dtxp を無線送信器511に設定する。

【0054】

再送制御部1205では、無線送信器511に送ったパケットを送信バッファ1206に保持し、端末からのデータ到達応答パケットAckを受け取ったことを無線受信器512から通知されるのを待つ。同期タイマ507にAck待ち時間を設定して、Ackタイムアウトが先に生じた場合は、送信バッファ1206に保持したパケットを送信キュー振分け1201に戻すことにより、再送制御パケットも送信タイミングに従って送

信されることになる。

【0055】

管理サーバの管理下にある複数のアクセスポイントが、該管理サーバを介してネットワークに接続されるような構成とすることもできる。この場合には、トラフィック情報や非干渉領域と干渉領域における通信の割合などを、管理サーバにおいて直接把握することが可能になり、管理サーバと各アクセスポイント間の制御情報のトラフィックを低減することができる。なお、この場合においても、アクセスポイント間及びアクセスポイントとユーザ端末間における伝搬路状況の検出及びデータ送信のためのタイミングと送信電力の制御は同様に行われる。

【0056】

【発明の効果】

本発明によれば、無線アクセスシステムにおいて端末が複数のアクセスポイントから同時に送信したデータパケットを同時に受信し、データパケットが衝突することによって所望信号を正しく復調することができない端末に対しては、衝突が起きないようにアクセスポイントの送信タイミングを時分割し、データパケットが衝突しても受信対干渉電力が大きい場合に所望信号を正しく復調することができる端末に対しては、アクセスポイントの送信タイミングを同時送信することにより、システムトータルのスループットを向上させることができる。

【0057】

図13に、本発明の実施形態においてスループットを評価したグラフ図を示す。

【0058】

無干渉伝送時間では、アクセスポイント101aは端末102aに、アクセスポイント101bは端末102bにデータを送信している。端末102aと端末102bともに非干渉領域にあるため、スループットは6Mbit/s以上を出していることが分かる。

【0059】

AP1非干渉伝送時間では、アクセスポイント101aは端末102aに、アクセスポイント101bは端末102dにデータを送信している。端末102aは6Mbit/s以上を出しているが、端末102dは非干渉領域であるため、アクセスポイント101aからのデータ

パケット衝突によってデータ通信速度が3Mbit/s程度に劣化する。

【0060】

AP2非干渉伝送時間では、アクセスポイント101aは端末102cに、アクセスポイント101bは端末102bにデータを送信している。今度は同様な理由で端末102cが3Mbit/s程度で、端末102bは6Mbit/s以上を出している。

【0061】

ランダムアクセス時間は、アクセスポイント101aは端末102cに、アクセスポイント101bは端末102dにデータを送信している。端末が両方とも非干渉領域にあるため、端末102c・端末102dともに3Mbit/s程度である。

【0062】

図14に本発明の実施形態における効果に関するグラフ図を示す。アクセスポイント101aの非干渉確率P1とアクセスポイント101bの非干渉確率P2を同一の値Pとし、システム全体のスループットを評価したものである。従来は、アクセスポイント101aとアクセスポイント101bが固定送信電力で運用していたため、キャリアセンシングによって時分割されていたため、システムスループットが6Mbit/s程度であったが、本発明により非干渉確率の値が1のとき2倍の12Mbit/s程度まで高めることができることを示している。なお、アクセスポイントの台数が増えれば、非干渉確率の値が1のとき台数に比例した効果となる。

【0063】

【図面の簡単な説明】

【図1】

無線アクセスシステムにおけるアクセスポイント並列伝送によるスループット向上方法の説明図。

【図2】

無線アクセスシステムにおける受信対干渉電力の説明図。

【図3】

受信対干渉電力の地理的分布特性例のグラフ図。

【図4】

本発明の実施形態におけるユーザ端末への送信時間の時分割方法の説明図。

【図 5】

本発明の実施形態におけるシステム構成図。

【図 6】

本発明の実施形態における制御シーケンス図。

【図 7】

本発明の実施形態における送信制御用データベース情報の説明図。

【図 8】

本発明の実施形態における送信制御情報計算アルゴリズム（その 1）。

【図 9】

本発明の実施形態における送信制御情報計算アルゴリズム（その 2）。

【図 10】

本発明の実施形態における送信制御情報計算アルゴリズム（その 3）。

【図 11】

本発明の実施形態における送信制御信号の説明図。

【図 12】

本発明の実施形態におけるアクセスポイントの送信制御部の説明図。

【図 13】

本発明の実施形態においてスループットを評価したグラフ図。

【図 14】

本発明の実施形態における効果に関するグラフ図。

【符号の説明】

101a・101b・101c アクセスポイント

102a・102b・102c・102d ユーザ端末

501 管理サーバ

502 同期信号生成部

503 送信制御情報計算部

504 送信制御用データベース

505 有線インタフェース信号処理部

506 有線インタフェース信号処理部

- 5 0 7 同期タイマ
- 5 0 8 ビーコン生成部
- 5 0 9 送信制御部
- 5 1 0 測定情報通知部
- 5 1 1 無線送信器
- 5 1 2 無線受信器
- 5 1 3 無線受信器
- 5 1 4 無線送信器
- 5 1 5 無線受信電力測定部
- 1 2 0 1 送信キュー振分け
- 1 2 0 2 a・1 2 0 2 b・1 2 0 2 c 送信キュー
- 1 2 0 3 送信時間制御
- 1 2 0 4 送信電力設定
- 1 2 0 5 再送制御
- 1 2 0 6 送信バッファ。

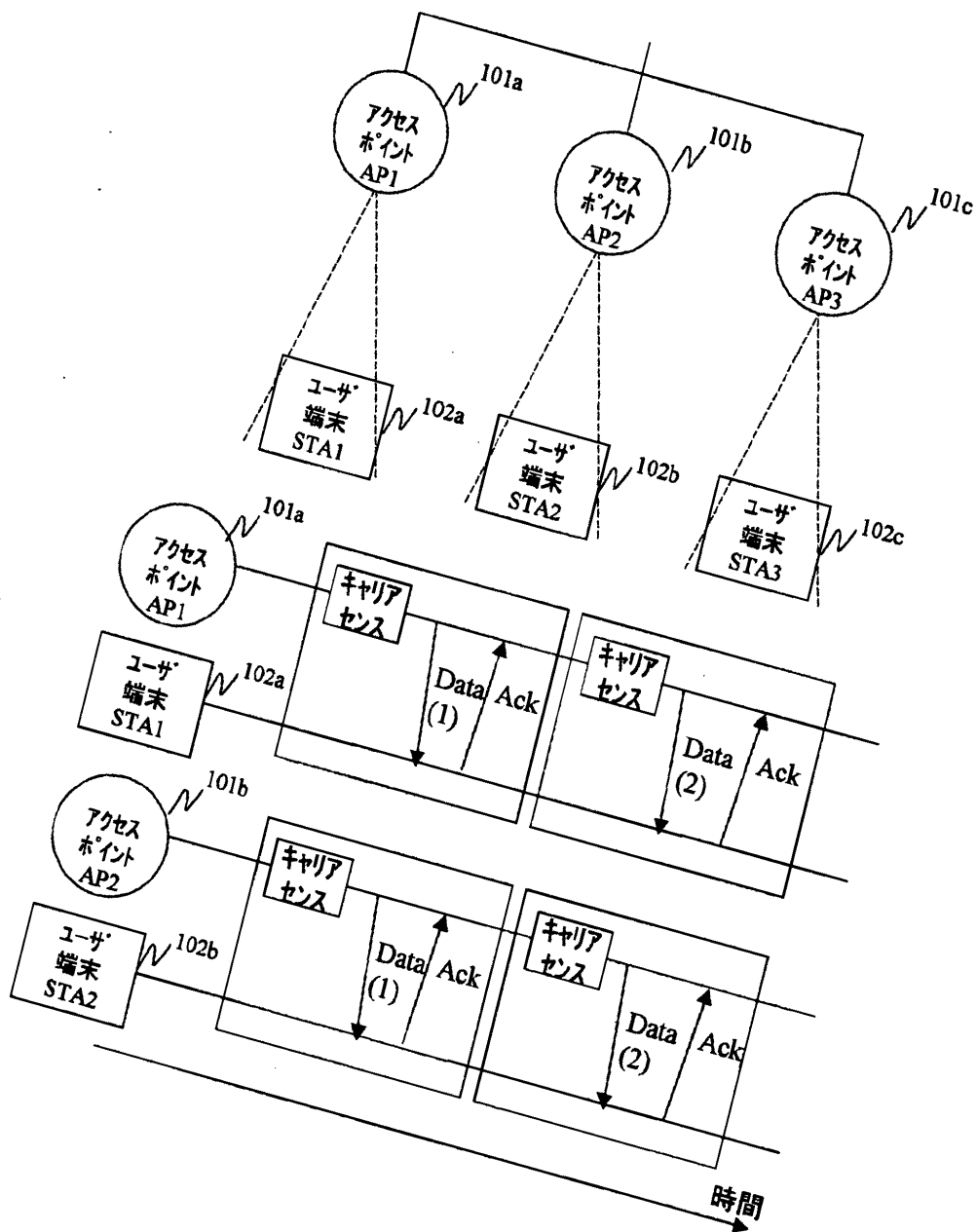
【書類名】

【図1】

図面

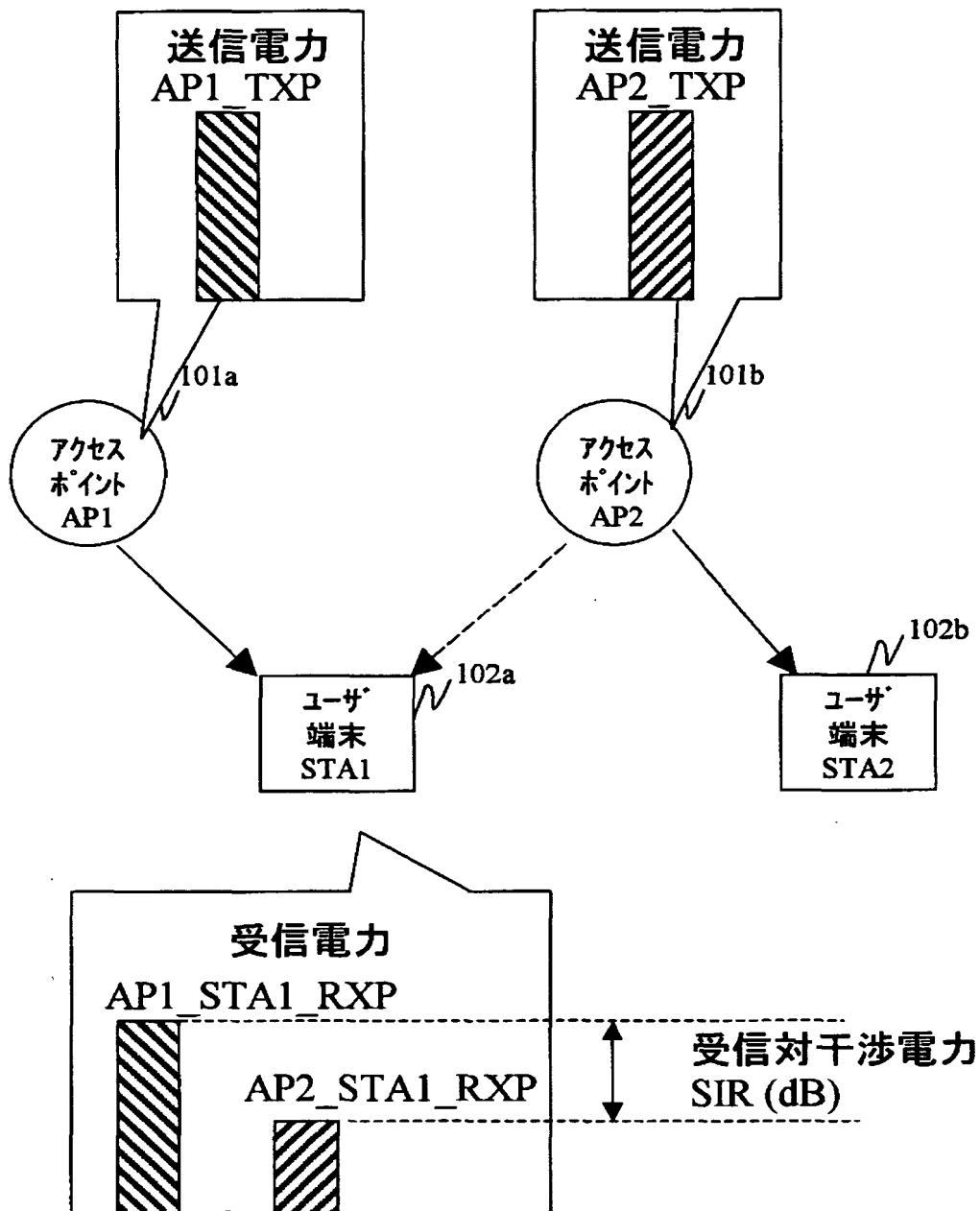
ページ: 1/

図1



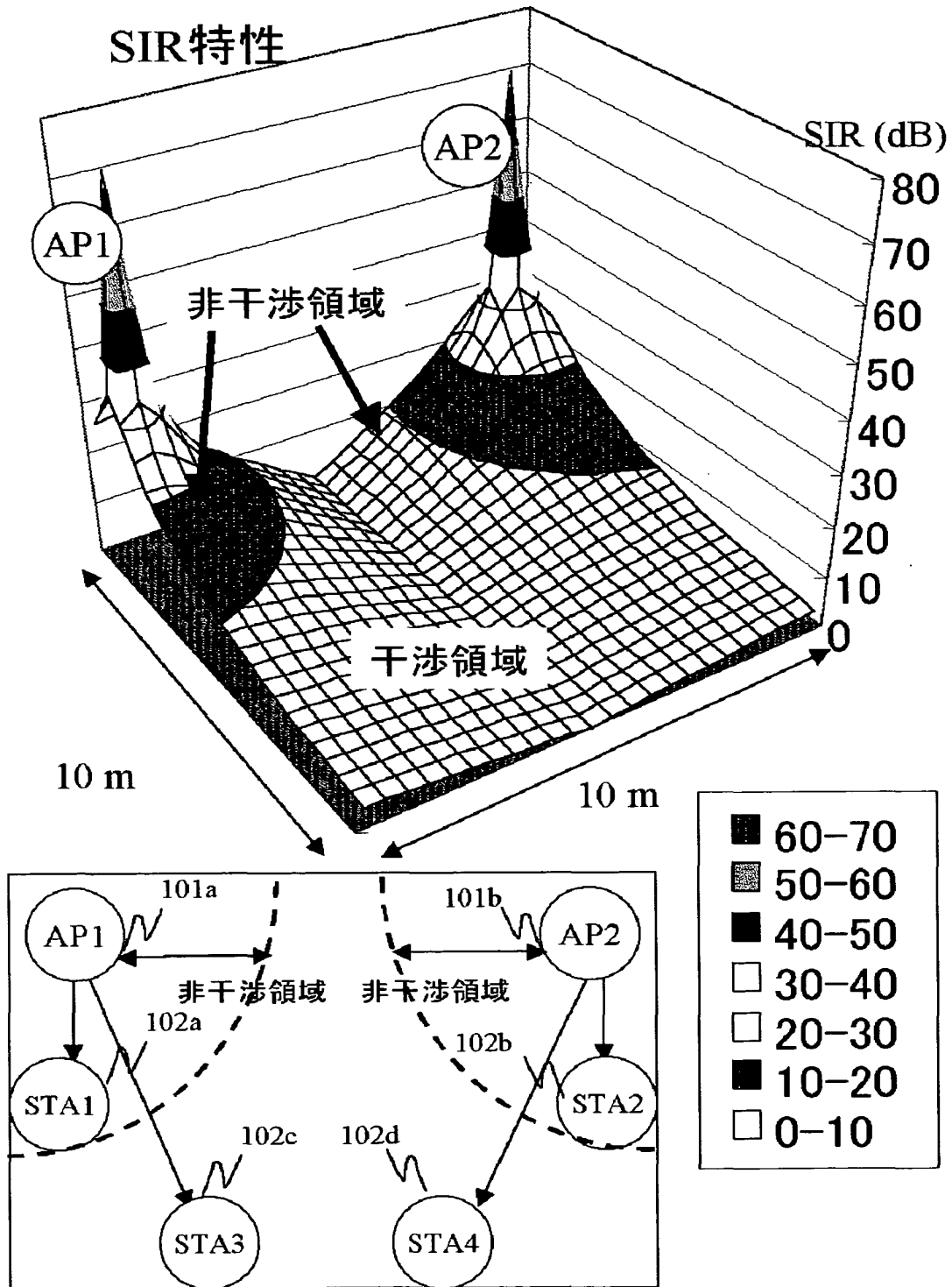
【図 2】

図 2



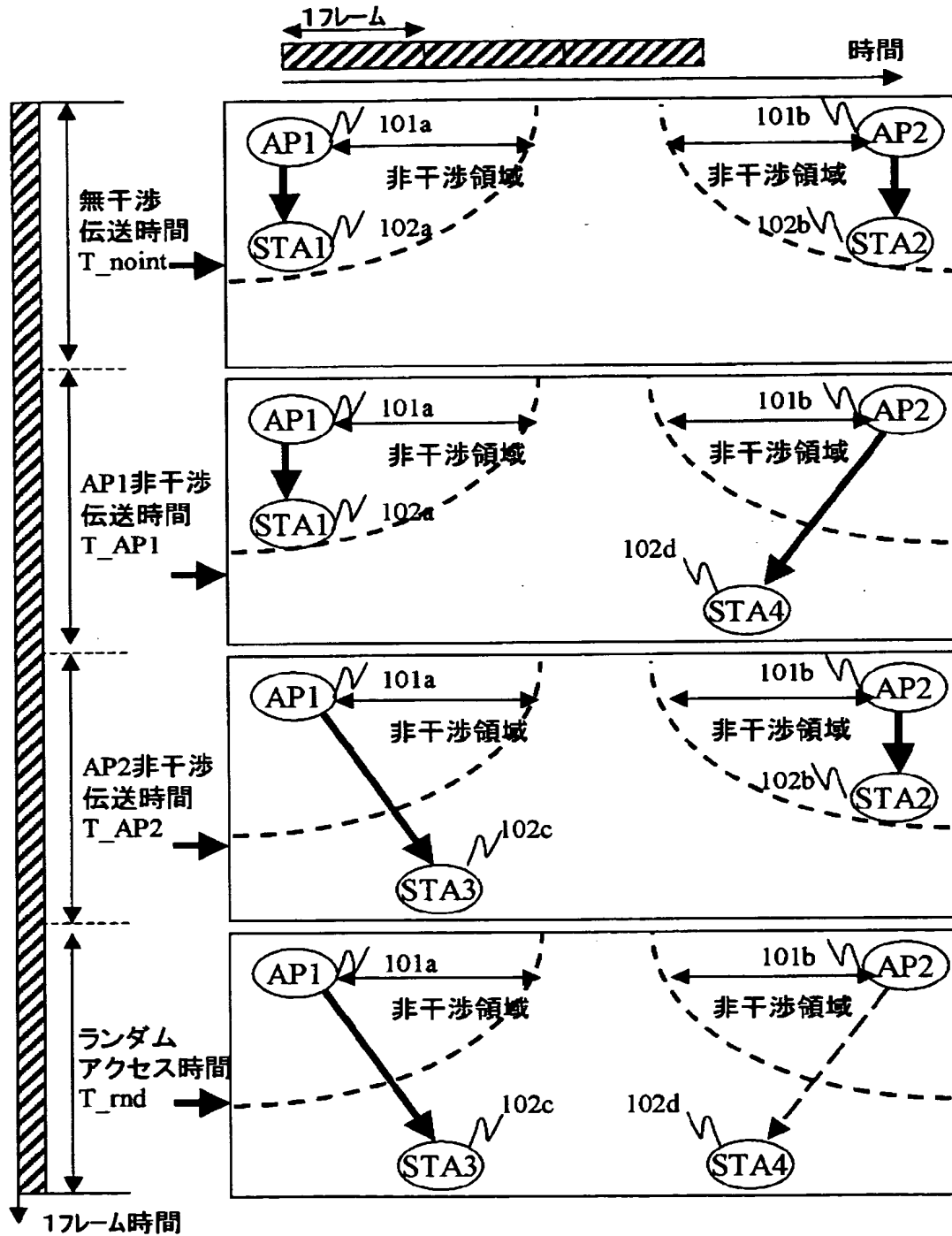
【図 3】

図 3



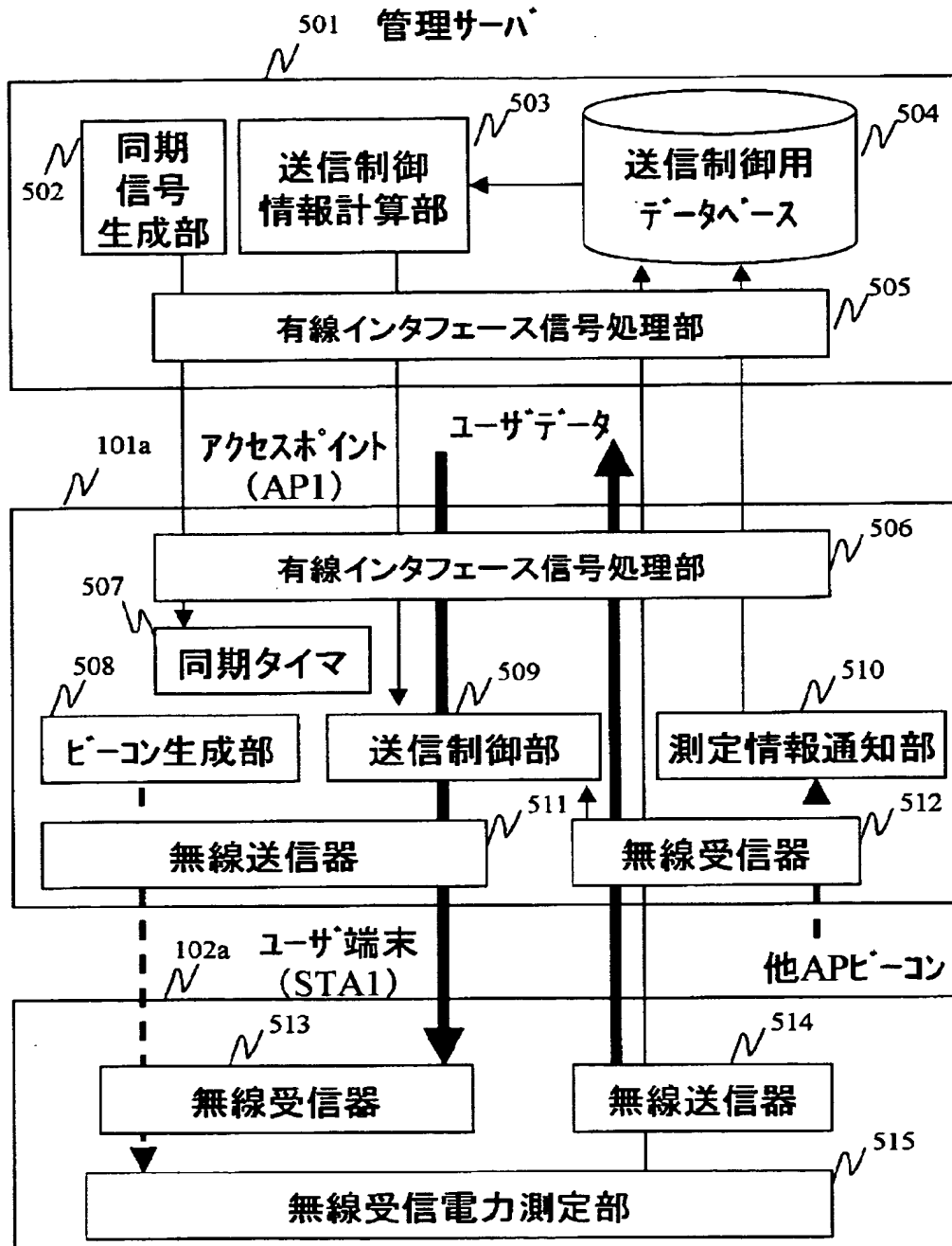
【図 4】

図 4



【図 5】

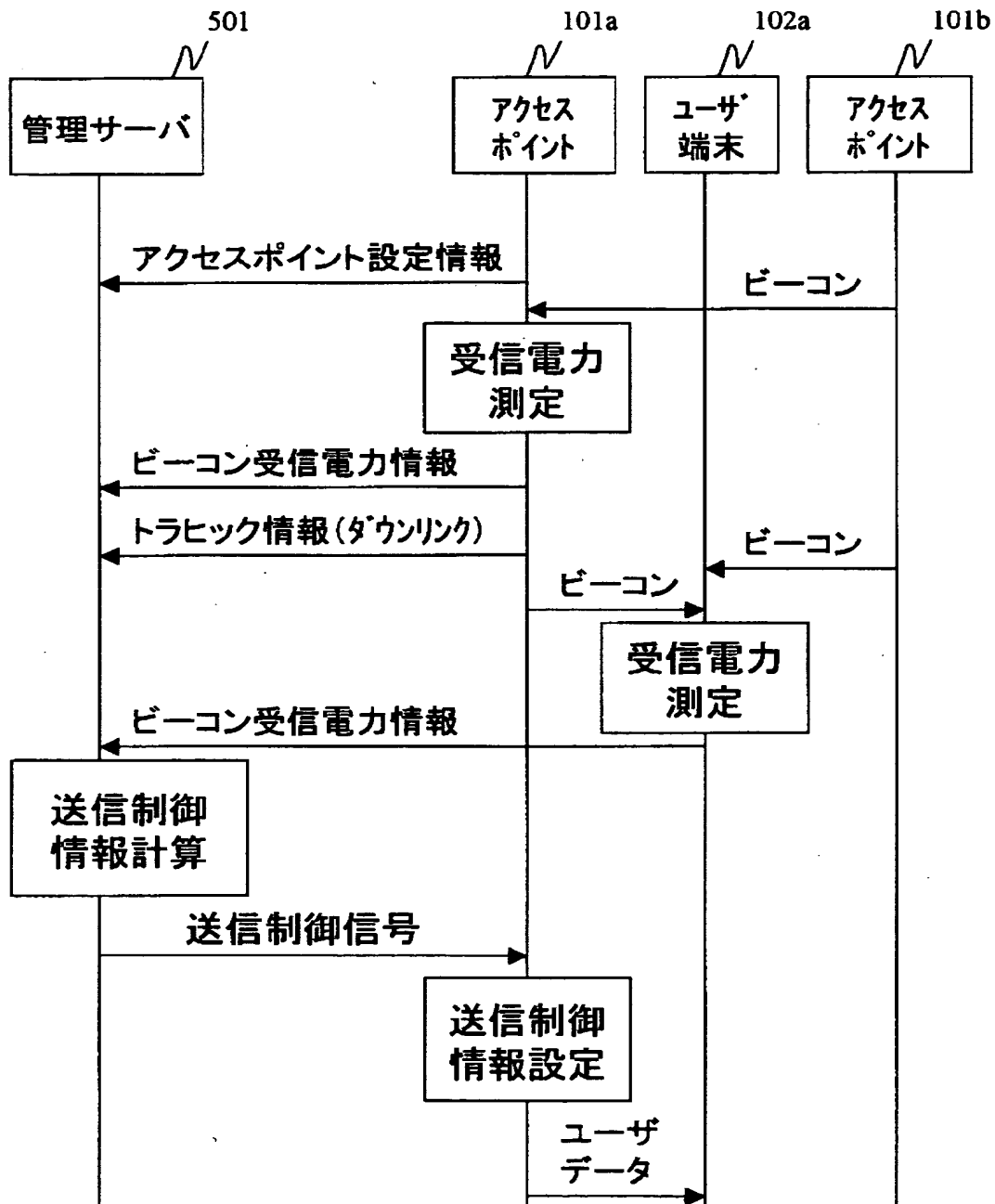
図 5



【図 6】

図 6

制御シーケンス



【図 7】

図 7

送信制御用データベースの情報

(1) アクセスポイント設定情報

	ビーコン送信電力	キャリアセンス閾値
AP 1	15 dBm	-94 dBm
AP i	AP i_Btxp	AP i_CSthr
AP X	15 dBm	-90 dBm

(2) アクセスポイントにおけるビーコン受信電力情報

	AP1	..	AP i	APX
AP 1	-			-94 dBm
AP j			AP i_AP j_Brxp	
AP X	-94 dBm			-

(3) 端末におけるビーコン受信電力情報

	AP1	..	AP i	APX
STA1	-65 dBm			-94 dBm
STA j			AP i_STA j_Brxp	
STAX	-94 dBm			-62 dBm

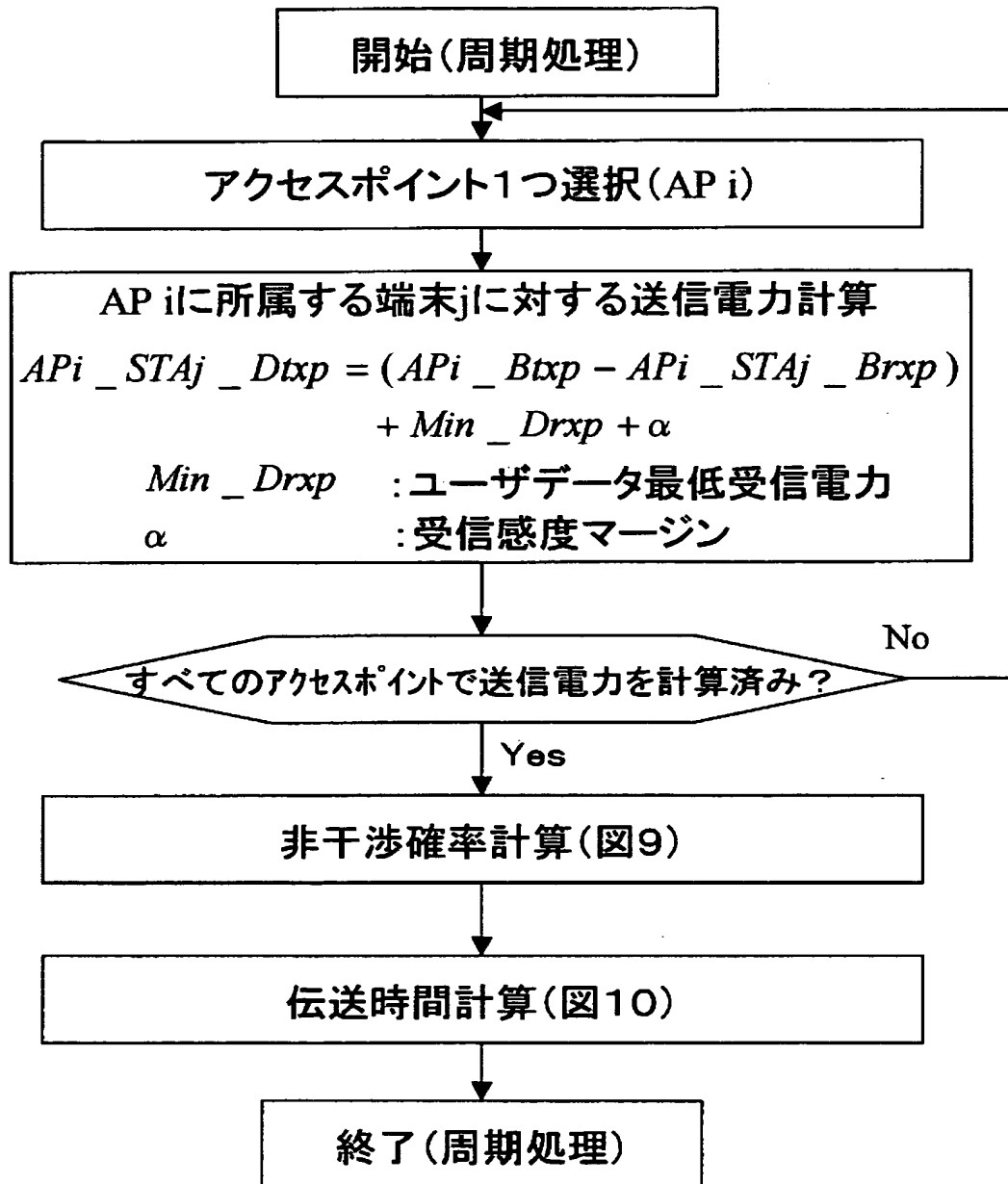
(4) アクセスポイントにおけるトラフィック情報(ダウンリンク)

	STA1	..	STA j	STA X
AP1	8 kbit/s			250 kbit/s
AP i			AP i_STA j_TRA	
APX	100 kbit/s			100 kbit/s

【図 8】

図 8

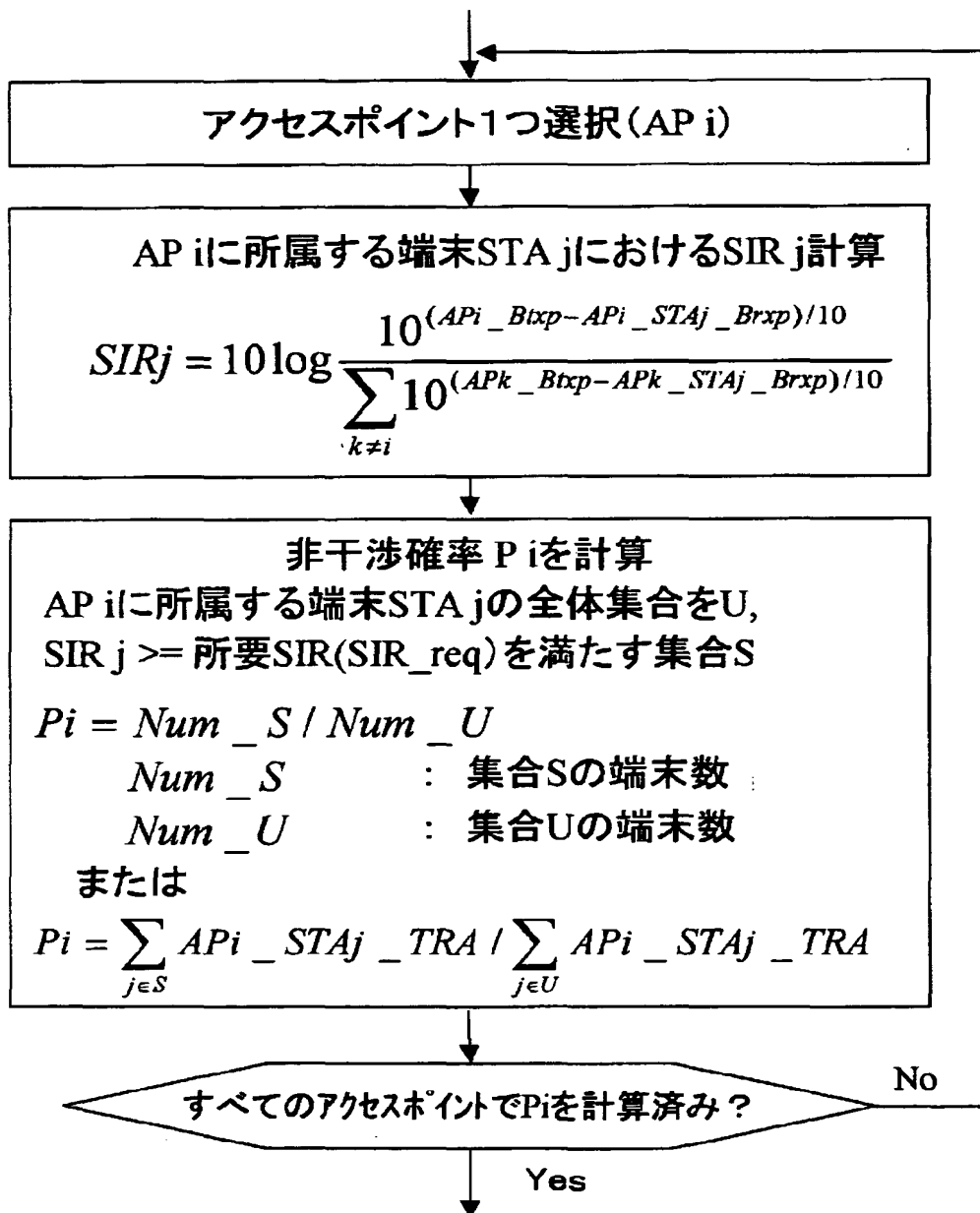
管理サーバにおける
送信制御情報計算部アルゴリズム
(その1:送信電力計算)



【図 9】

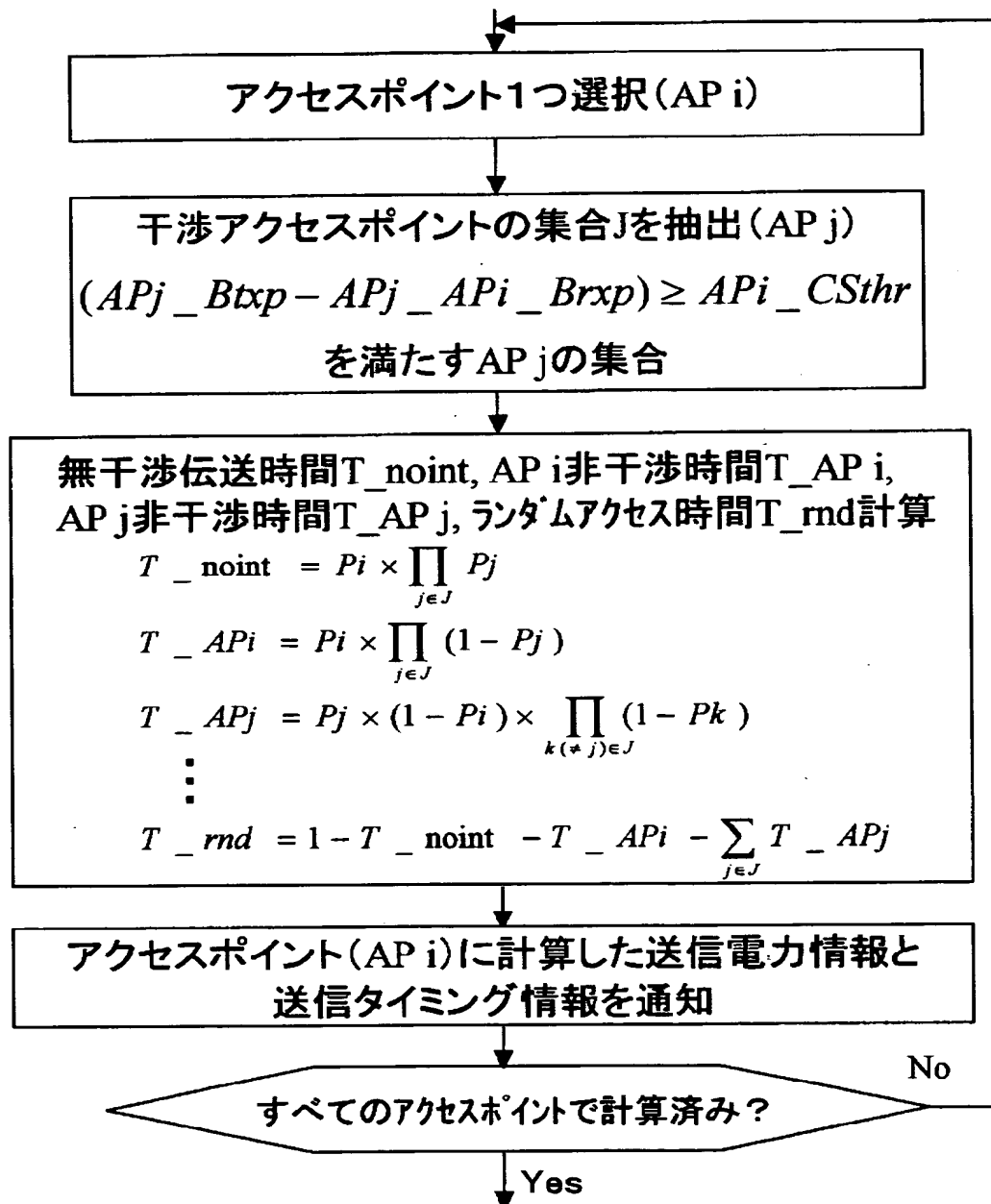
図 9

送信制御情報計算部アルゴリズム
(その2: 非干渉確率計算)



【図 10】

図 10

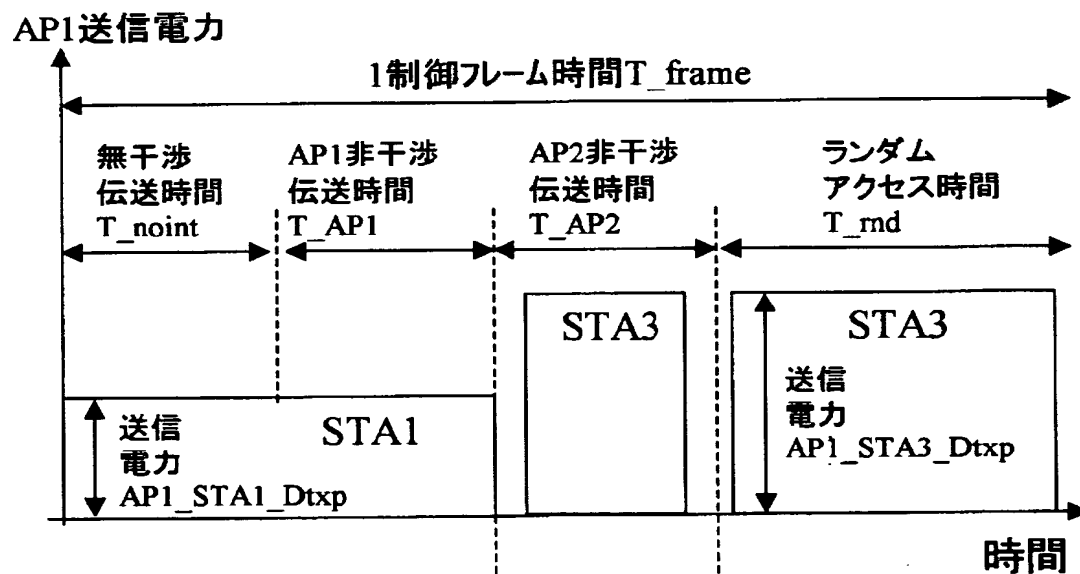
送信制御情報計算部アルゴリズム
(その3:伝送時間計算)

【図 11】

図 11

管理サーバからアクセスポイントへの
送信制御信号の情報

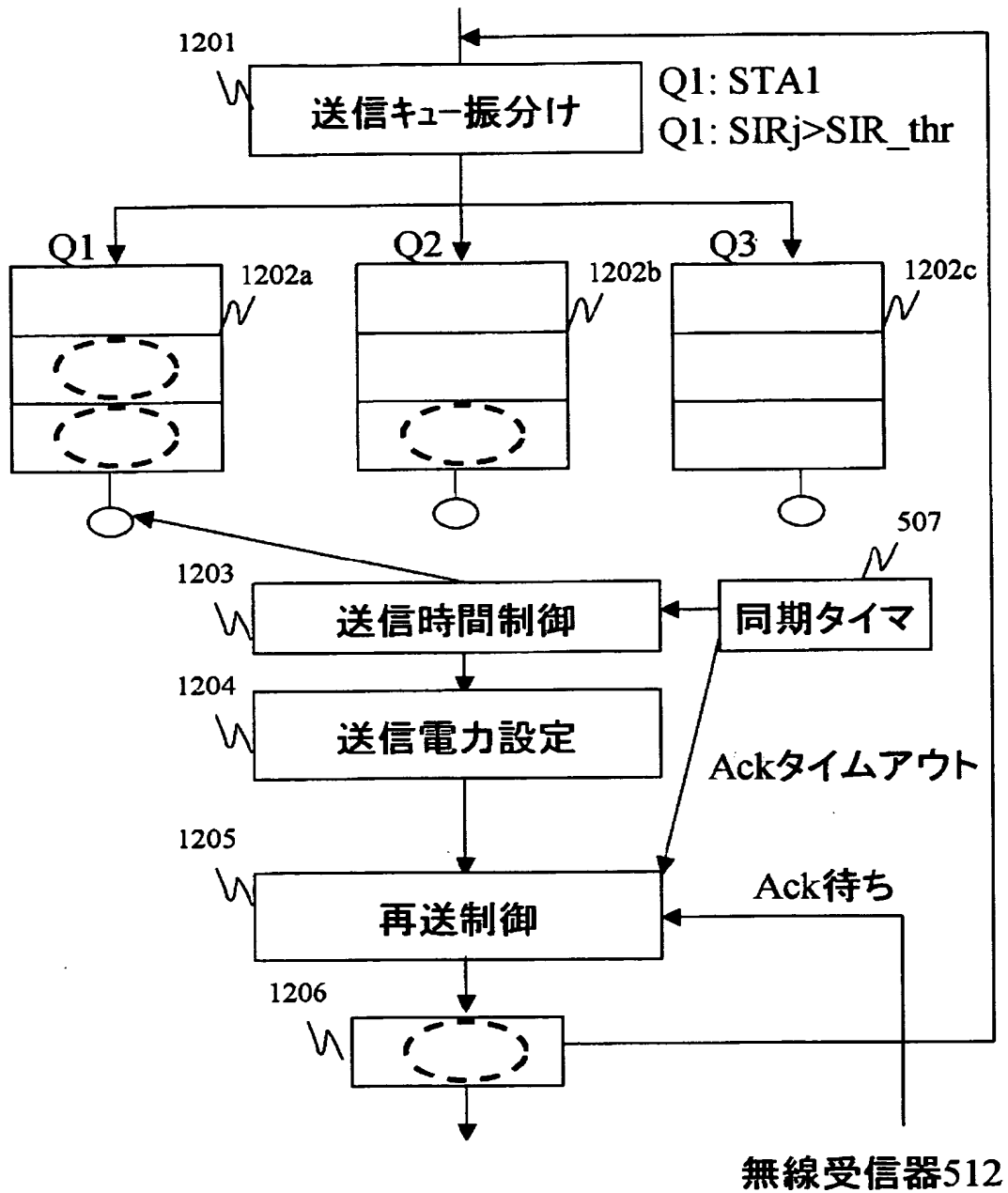
1 制御フレーム時間 (T_frame)		
無干渉伝送時間 (T_noint)		
干渉AP个数(AP_Num)		
AP1 ID	AP 1非干渉時間T_AP1	
AP2 ID	AP 2非干渉時間T_AP2	
ランダムアクセス時間T_rnd		
端末个数(STA_Num)		
所要SIR(SIR_req)		
STA1 ID	SIR 1	送信電力AP1_STA1_Dtxp
STA3 ID	SIR 3	送信電力AP1_STA3_Dtxp



【図 12】

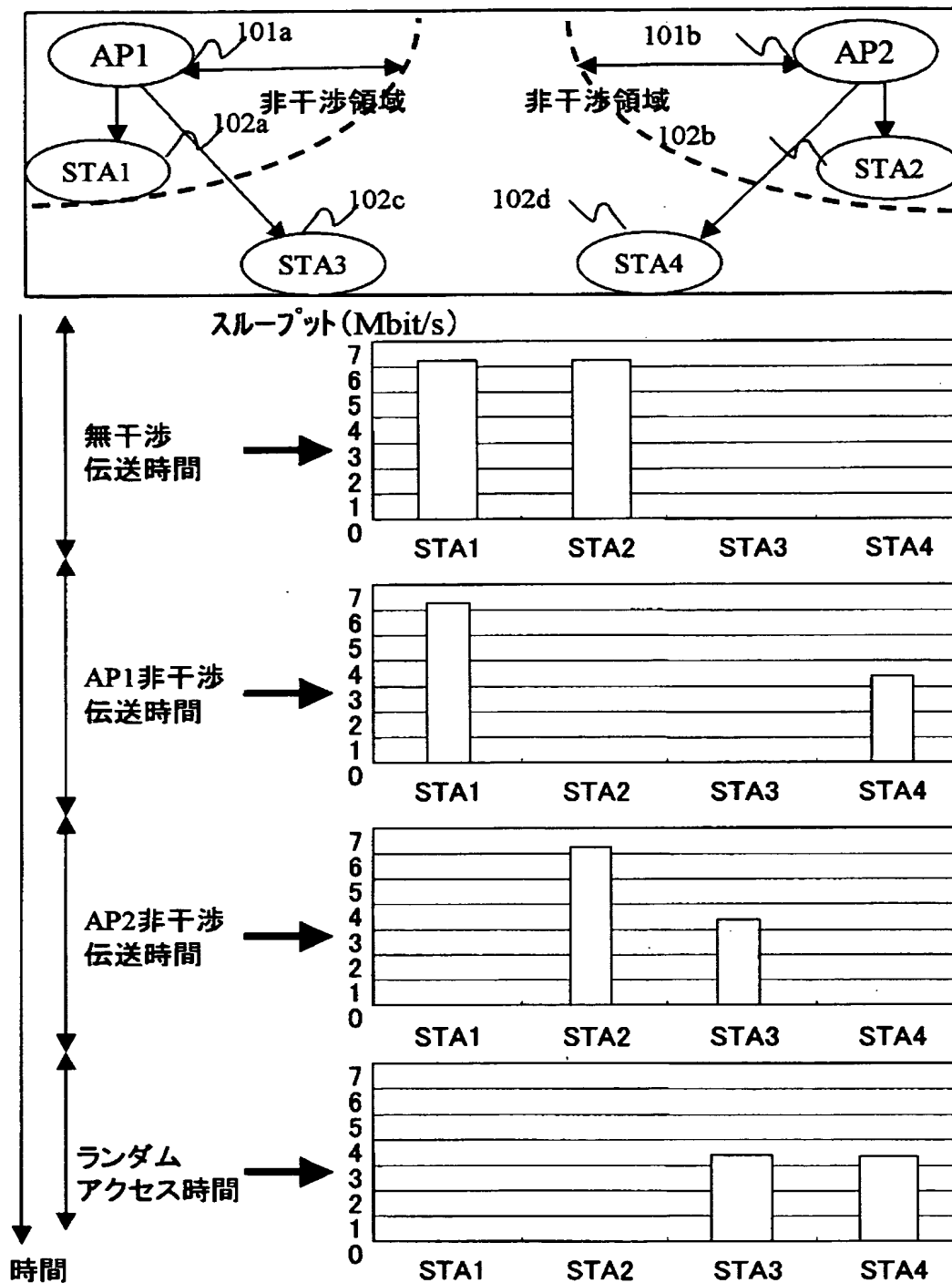
図 12

アクセスポイントの送信制御部



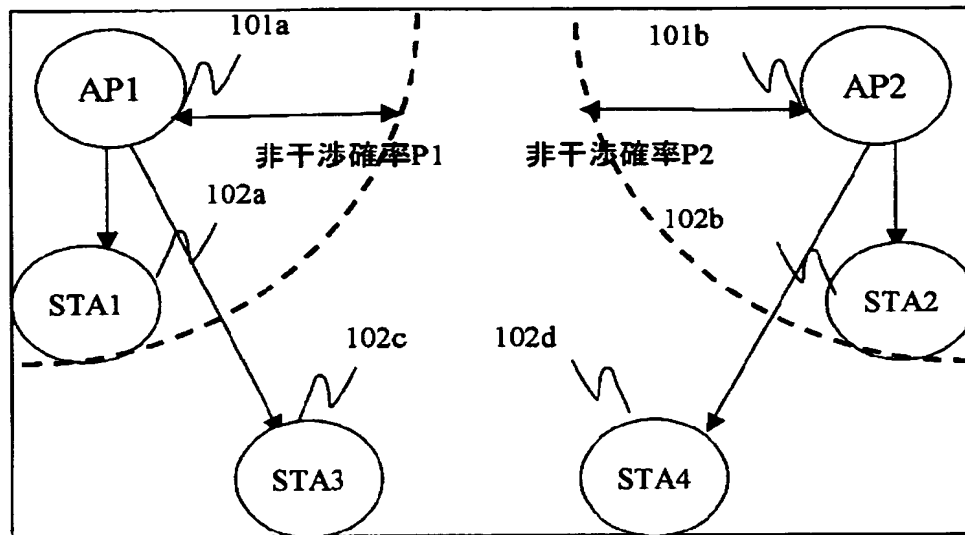
【図 13】

図 13



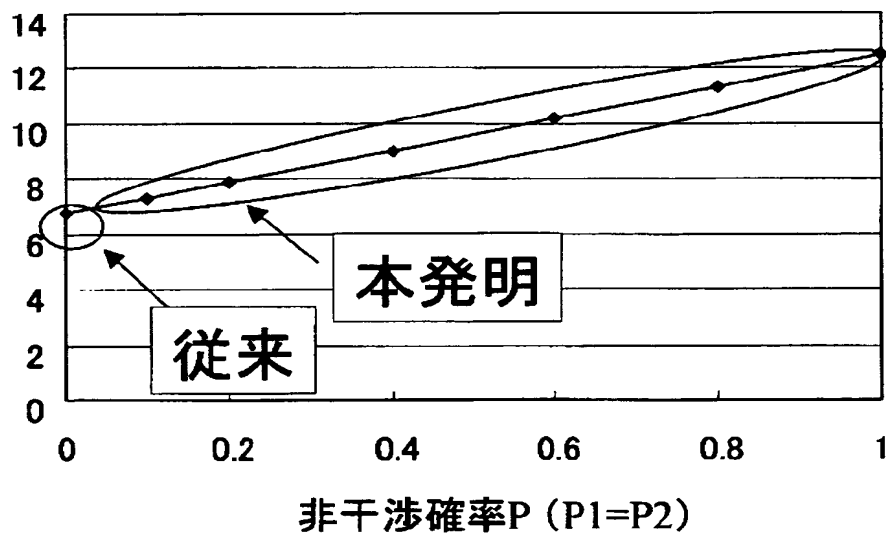
【図 14】

図 14



2 並列伝送時の効果

システムスループット (Mbit/s)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ユーザ端末がアクセスポイントを経由して有線ネットワークに接続する無線アクセスシステムで、複数のアクセスポイントから同時に送信することでシステム全体のスループットをあげる通信方式において、データパケットが衝突しても所望信号対干渉電力比が大きいために正しく復調することができる端末に比べ、データパケットが衝突すると所望信号を正しく復調することができない端末のスループットが劣化する。

【解決手段】 ユーザ端末における受信信号の信号対干渉電力比を求め、正しく復調するために必要な所要信号対干渉電力比との比較により、各ユーザ端末を非干渉領域内にあるものと干渉領域内にあるものとに分類する。非干渉領域にあるユーザ端末に対して複数のアクセスポイントで同時に通信を行ない、干渉領域にあるユーザ端末に対しては複数のアクセスポイントで時間分割して通信を行なう。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 0 2 4 5
受付番号	5 0 3 0 0 3 1 3 9 7 8
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 2 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 2月27日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 0 2 4 5

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
新規登録

住 所
氏 名

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地
株式会社日立製作所

Application for
UNITED STATES LETTERS PATENT

Of

Tsuyoshi TAMAKI,

Takashi YANO,

Takaki UTA,

and

Tomoaki ISHIFUJI

For

**SYSTEM AND METHOD FOR WIRELESS COMMUNICATION USING A MANAGEMENT SERVER
AND ACCESS POINTS**

UNITED STATES PATENT APPLICATION FOR

SYSTEM AND METHOD FOR WIRELESS COMMUNICATION USING A
MANAGEMENT SERVER AND ACCESS POINTS

Inventor:

Tsuyoshi Tamaki

EXPRESS MAIL CERTIFICATE OF MAILING

"Express Mail" mailing label number _____

5 Date of Deposit _____

10 I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States
Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on
the date indicated above and is addressed to the Assistant Commissioner for Patents,
Washington, D.C. 20231.

(Typed or printed name of person mailing paper or fee)

(Signature of person mailing paper or fee)

**SYSTEM AND METHOD FOR WIRELESS COMMUNICATION USING A
MANAGEMENT SERVER AND ACCESS POINTS**

Inventor:
Tsuyoshi Tamaki

COPYRIGHT NOTICE

A portion of the disclosure of this patent document contains material which is subject to copyright protection. The copyright owner has no objection to the facsimile reproduction by anyone of the patent document or the patent disclosure, as it appears in the Patent and Trademark Office patent file or records, but otherwise reserves all copyright rights whatsoever.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

The present invention generally relates to a wireless access method and a transmission method in a wireless communication system and, more particularly, to a communication system that enables communication between a user terminal and a network access point without interference.

Discussion of Background

In previous wireless access systems, as typified by a wireless LAN, a user terminal connects to an access point of a wired network so that it can get Internet services.

FIG. 1 shows a system configuration example of a wireless access system. User terminals 108a, 108b, 108c can connect to

a provider network 105 through their access points 107a, 107b, 107c and via an IP router 106. Because the provider network 105 connects to the Internet 103 through a gateway equipment 104, the user terminals 108a, 108b, 108c can access a Web
5 server 102 of a content provider 101 on the Internet 103 and download content. The access points 107a, 107b, 107c are wired to the IP router 106 by Asymmetric Digital Subscriber Lines (ADSLs) or optical fibers.

10 In such a wireless access system, users often buy and set up their access points and, in most cases, they do so without considerations that communication interference may occur when multiple access points use a same communication channel.

FIG. 2 is a schematic diagram that explains an access method addressing the interference problem between access
15 points, specified in Media Access Control (MAC) sublayer specifications of the IEEE 802.11 standard for wireless LAN specifications.

A communication access method for performing data communication by random access is used, wherein a Carrier
20 Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) approach is performed which avoids collision by carrier sense so that data packets from communication nodes do not collide. A transmitting node transmits data packets after judging whether the communication channel over which to transmit data is idle
25 by carrier sense. The carrier sense method is such that a node transmits random pulses within a given period (collision avoidance window) before transmitting data packets. When a

node is not transmitting pulses, it monitors the transmission channel and transmits data packets unless pulses other than those transmitted from the node are detected. When the node detects the pulses other than those transmitted from it, it stops the transmission of data packets, waits for a given period which is randomly selected, and performs carrier sense again.

As shown in FIG. 2, while an access point 107b is transmitting data packets to a user terminal 108b, another access point 107c knows that another node is now communicating with a terminal by carrier sense. Then, the access point 107b waits for a given period and performs carrier sense again, and, after making sure that the transmission channel has become idle, transmits data packets. In this way, arrangement is provided so that data is transmitted in a time sharing manner, thus avoiding communication interference between access points.

The carrier sense method applied in the previous wireless access system avoids interference by sharing time for communication, as described above. However, a problem of this method is that data quantity that can be transmitted per unit time does not increase and, therefore, even if the number of access points increases, the total system throughput does not increase and, on the contrary, throughput per access point decreases.

FIG. 3 is a schematic diagram that explains a method for enhancing throughput by parallel transmission from access points. While another access point exists within the range of

interference of one access point in FIG. 2, interference can be avoided by putting another access point out of the range of interference of one access point. Specifically, by attenuating the transmitting power of an access point and setting its transmit/receive antenna directed toward a target user terminal, radio waves from the access point does not arrive at its neighboring access point. Thus, as shown in FIG. 3, while an access point 107a is transmitting data packets to a user terminal 108a, another access point 107b can transmit data packets to another user terminal 108b. If each access point has an independent transmission channel to a user terminal, transmission capacity increases and the total system throughput increases. However, equipping a user terminal with a directional antenna and a power control function is costly because of high functionality. Therefore, such a system exists in which access points are equipped with a directional antenna and/or a power control function and user terminals are equipped with a non-directional antenna and without the power control function, and uplink transmit/receive power and downlink transmit/receive power are asymmetric. This system is, in short, such that access points can communicate with a user terminal of choice, but user terminals do not have such selectivity. As functionality of access points, for example, an access point is provided with a function to restrict the range of arrival of radio waves it transmits. As a typical example, a directional antenna, a transmission power control function, or combination thereof may be available. It is

sufficient for user terminals to have a normal transmission function (non-directional antenna).

In theory, the access point function and the user terminal function are interchangeable. However, in practice
5 equipping a user terminal with a directional antenna is quite difficult from a technical perspective.

FIG. 4 is a schematic diagram that shows a problem associated with a wireless communication system where access points are equipped with a directional antenna and power
10 control function, where user terminals are equipped with a non-directional antenna and without the power control function. When an access point 107a is transmitting data packets to a user terminal 108a, another user terminal 108b cannot detect radio waves from the access point 107a even when it performs
15 carrier sense and, therefore, transmits data packets to its correspondent access point 107b. At this time, at the user terminal 108a, a data packet transmitted from the access point 107a collides with a data packet transmitted from the user terminal 108b. Accordingly, a Carrier to Interference Ratio
20 (CIR) required for decoding cannot be satisfied. Consequently, the data packets are lost. Because of no Ack reply to the transmitted data packet, the access point 107a retransmits a data packet. Such loss of packets is known as a hidden terminal problem. As countermeasures against this problem, a
25 method for avoiding packet collision by virtual carrier sense has been proposed.

FIG. 5 is schematic diagram that shows the method for avoiding packet collision by virtual carrier sense.

Immediately before transmitting data to a user terminal 108a, an access point 107a transmits a data packet called Request to
5 Send (RTS) in which scheduled time during which it will use the transmission channel is specified. Upon having received the RTS control packet, the user terminal 108a transmits a control packet called Clear to Send (CTS) in which the scheduled time during which the transmission channel will be
10 used is specified. When another user terminal 108b receives the CTS control packet, transmission from the user terminal 108b is prohibited for the scheduled time during which the access point 107a uses the transmission channel and data packet collision is avoided. By this method, data
15 transmission is performed in a time sharing manner, as is the case for the carrier sense method shown in FIG. 2.

Consequently, packet collision can be avoided. Unfortunately, the problem that the total system throughput does not increase even if the number of access points increases is not solved.

20 FIG. 6 is a schematic diagram that shows the reason why throughput does not increase even with virtual carrier sense. In the system where access points are equipped with a directional antenna and power control function, where user terminals are equipped with a non-directional antenna and
25 without the power control function, and uplink transmit/receive power and downlink transmit/receive power are asymmetric, assume that concurrent transmission of downlink

traffic from the access points to the user terminals is performed.

First, virtual carrier sense is performed by exchanging RTS and CTS control packets between an access point 107a and a user terminal 108 in order that the access point 107a transmits data to the user terminal 108a. Upon the reception of the CTS control packet from the user terminal 108a, another user terminal 108b is set in a transmit prohibition state. Then, another access point 107b transmits an RTS control packet to the user terminal 108b for data transmission thereto. The user terminal 108b receives the RTS control packet, but cannot transmit back a CTS control packet because of its transmit prohibition state. The access point 107b retries the RTS packet transmission until it receives a CTS control packet from the user terminal 108b or up to the predetermined maximum number of times of RTS retransmission. Because the communication between the access point 107b and the user terminal 108b is enabled just after the user terminal 108b is released from the transmit prohibition state, the access point 107a and the access point 107b cannot perform transmission concurrently because of the RTS and CTS control.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention fills the aforementioned needs by providing a communication system comprising a plurality of user terminals and a plurality of access points, the access
5 points being configured to enable transmission to a target user terminal without interfering with other access points or user terminals. It should be appreciated that the present invention can be implemented in numerous ways, including as a process, an apparatus, a system, a device or a method.

10 Several inventive embodiments of the present invention are described below.

In one embodiment, a wireless communication system that enhances total system throughput is provided. The system performs parallel data transmission from a plurality of access
15 points to a plurality of user terminals. On terminals with power control function, their transmit power can be set to minimize interference. The wireless communication system comprises a management server which performs centralized management of time of access-point-to-terminal packet
20 transmission and access points and user terminals which perform data transmission, according to transmission time control information from the management server. Transmit queues for measuring downlink traffic and receive queues for measuring uplink traffic are provided on the access points.

25 In another embodiment, transmit queues for measuring downlink traffic and receive queues for measuring uplink traffic are provided in the management server.

Generally, the wireless communication system determines uplink and downlink periods from the transmit and receive queue lengths. The system also controls the access points and user terminals to transmit for the determined periods.

- 5 Consequently, packet collision due to transmission from a terminal that interferes with neighboring terminals is eliminated. Thus, system throughput is enhanced.

The invention encompasses other embodiments of a method, a system, and a computer-readable medium, which are configured
10 as set forth above and with other features and alternatives.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will be readily understood by the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings. To facilitate this description, like
5 reference numerals designate like structural elements.

FIG. 1 shows a system configuration example of a wireless access system.

FIG. 2 is a schematic diagram that explains an access method addressing the interference problem between access
10 points, specified in Media Access Control (MAC) sublayer specifications of the IEEE 802.11 standard for wireless LAN specifications.

FIG. 3 is a schematic diagram that explains a method for enhancing throughput by parallel transmission from access
15 points.

FIG. 4 is a schematic diagram that shows a problem associated with a wireless communication system where access points are equipped with a directional antenna and power control function, where user terminals are equipped with a
20 non-directional antenna and without the power control function.

FIG. 5 is schematic diagram that shows the method for avoiding packet collision by virtual carrier sense.

FIG. 6 is a schematic diagram that shows the reason why throughput does not increase even with virtual carrier sense.

25 FIG. 7 is a schematic diagram that explains a traffic control method of centralized management type, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 8 is a schematic diagram regarding an Ack packet and data packet collision problem, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 9 is a schematic diagram that explains a method of
5 synchronizing Ack packet transmissions during a downlink period, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 10 is a schematic diagram that shows a control
method for allowing Ack packets to transmit during uplink
10 periods, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 11 is a configuration diagram of a traffic control system of centralized management type, in accordance with a first embodiment of the present invention.

15 FIG. 12 is a sequence diagram of centralized management type control, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 13A is a diagram illustrating respective control message formats of a TX and RX queue length report, in
20 accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 13B is a diagram illustrating respective control message formats of transmission control information, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 14 is a configuration diagram of an access point, in
25 accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 15 is a configuration diagram of a user terminal, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 16 is a configuration diagram of the management server, in accordance with a first embodiment of the present invention.

FIG. 17 is an schematic diagram that shows a traffic control method of centralized management type, in accordance with a second of the present invention.

FIG. 18 shows a configuration diagram of the management server, in accordance with a second embodiment of the present invention.

FIG. 19 is a schematic diagram that illustrates an example of discrete access point control, in accordance with the first and the second embodiments of the present invention.

FIG. 20 is a graph for the effect of the traffic control of centralized management type, in accordance with the first and second embodiments of the present invention.

FIG. 21 is a schematic diagram that shows a decentralized traffic control method, in accordance with one embodiment of the present invention.

FIG. 22 is a graph for explaining the relationship between transmission power and received power for the access points and user terminals, accordance with the third embodiment of the present invention.

FIG. 23 illustrates a CTS' control packet format, in accordance with the third embodiment of the present invention.

FIG. 24 is a schematic diagram of a transmitting judgment algorithm to be executed on a user terminal, in accordance with the third embodiment of the present invention.

FIG. 25 is a graph showing the effect of the decentralized traffic control, in accordance with the third embodiment of the present invention.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

An invention for a system and method for wireless communication is disclosed. Numerous specific details are set forth in order to provide a thorough understanding of the present invention. It will be understood, however, to one skilled in the art, that the present invention may be practiced without some or all of these specific details.

FIG. 7 is a schematic diagram that explains a traffic control method of centralized management type, in accordance with a first embodiment of the present invention. A management server 701 performs traffic control in a centralized management manner by getting information for traffic between access points 107a, 107b and user terminals 108a, 108b under its management, calculating the time of data packet transmission from an access point to a user terminal (downlink period) and the time of data packet transmission from a user terminal to an access point (uplink period), and sending transmission control information to the access points and user terminals. This traffic control enables the access points 107a and 107b to transmit data packets to the user terminals 108a and 108b simultaneously. Thus, the total system throughput can be enhanced.

In the MAC layer protocol, however, one acknowledgement (Ack) packet to one packet received is sent back to the sending side. Accordingly, when one data packet is transmitted from an access point 107b to a user terminal 108b during a downlink period, one Ack packet is sent back from the

user terminal 108b to the access point 107b. In consequence, at a user terminal 108a, there is a possibility that a data packet transmitted from an access point 107a collides with the Ack packet transmitted from the user terminal 108b.

5 FIG. 8 is a schematic diagram regarding an Ack packet and data packet collision problem, in accordance with a first embodiment of the present invention. FIG. 8 shows a collision event that a data packet transmitted from the access point 107a to the user terminal 108a collides with an Ack packet
10 transmitted from the user terminal 108b to the access point 107b during a downlink period. To overcome this problem, the following two ways of control can be taken: synchronizing Ack packet transmission timing if Ack transmission during a downlink period is permitted; and allowing Ack packets to
15 transmit during an uplink period only without permitting Ack transmission during a downlink period.

FIG. 9 is a schematic diagram that explains a method of synchronizing Ack packet transmissions during a downlink period, in accordance with a first embodiment of the present
20 invention. Time of transmission is adjusted so that the end of data packet transmission from the access point 107a to the user terminal 108a is synchronized with the end of data packet transmission from the access point 107b to the user terminal 108b. The user terminals 108a and 108b transmit Ack packets
25 upon the elapse of a given period Short Inter-Frame Space (SIFS) after they receive data packets and, consequently, the Ack packet transmission timing is adjusted to the same time.

Because the Ack packets are respectively received by the directional antennas at the access points 107a and 107b, the Ack packet transmitted from the user terminal 108a does not arrive at the access point 107b and the Ack packet transmitted from the user terminal 108b does not arrive at the access point 107a, even if the Ack packets are transmitted at the same time. Thus, no problem occurs even if the Ack packets are transmitted at the same time.

FIG. 10 is a schematic diagram that shows a control method for allowing Ack packets to transmit during uplink periods, in accordance with a first embodiment of the present invention. A MAC wrapper 1001 in an access point attaches a broadcast header conveying destination information to a broadcast packet and maps data in the packet and the access point transmits this data packet so that Ack packet transmission from the user terminals 108a and 108b does not occur during a downlink time. A MAC wrapper 1003 of a user terminal reads the broadcast packet header, makes sure that the packet is addressed to the user terminal, and detaches the broadcast header. Consequently, Ack packets are not transmitted from the user terminals 108a and 108b during a downlink period. The MAC wrapper 1003 of a user terminal transmits an Ack packet to its correspondent access point during an uplink period, thus preventing the error correction ability from degrading.

FIG. 11 is a configuration diagram of a traffic control system of centralized management type, in accordance with a

first embodiment of the present invention. The access points 107a, 107b, 107c have transmit (TX) queues 1101a, 1101b, 1101c for storing data packets to transmit and receive (RX) queues 1102a, 1102b, 1102c for storing data packets received,

5 respectively, and report the lengths of the TX and RX queues to the management server 701. The management server determines downlink traffic size from the TX queue length and uplink traffic size from the RX queue length. Based on the downlink and uplink traffic size, the management server
10 calculates a downlink period and an uplink period and feeds back the control frame length (the sum of the downlink period and the uplink period) and the ratio of the uplink period in the control frame length (the ratio of uplink period) to the access points 107a, 107b, 107c.

15 Given that i stands for an access point, TXL_i for TX queue length, and RXL_i for RX queue length, control frame length FL and a ratio of uplink period r in the control frame length are obtained by the following equations (1) and (2):

$$FL = \max (TXL_i) + \sum RXL_i \quad (1)$$

20 $R = \sum RXL_i / FL \quad (2)$

When the access points 107a, 107b, 107c receive information, the control frame length and the ratio of uplink period, they perform synchronous switching control of transmit/receive timing, using TX and RX timing controls 1103a, 1103b, 1103c, respectively, so that concurrent transmission of
25 downlink traffic can be performed. The user terminals 108a, 108b, 108c also perform synchronous switching control of

transmit/receive timing, using TX and RX timing controls 1104a, 1104b, 1104c, respectively, in synchronous with the corresponding timing at the access points, so that uplink traffic data transmission is performed.

5 FIG. 12 is a sequence diagram of centralized management type control, in accordance with a first embodiment of the present invention. The access points 107a, 107b, 107c periodically send control packet for reporting measured TX and RX queue lengths to the management server 701. The management
10 server 701 calculates the above-mentioned control frame length and ratio of uplink period and transmit control packets of transmission control information to the access points. Based on the transmission control information, data communication is performed between the access points and user terminals, which
15 is separated into a downlink period and a uplink period, as shown in FIG. 7. While an example that transmission control information is transmitted per TX and RX queue length report is illustrated in FIG. 12, transmission control information may be transmitted once for several times of TX and RX queue
20 length report.

FIG. 13A is a diagram illustrating respective control message formats of a TX and RX queue length report, in accordance with a first embodiment of the present invention. The TX and RX queue length report contains the following
25 elements: message type, station ID, TX queue length, and RX queue length.

FIG. 13B is a diagram illustrating respective control message formats of transmission control information, in accordance with a first embodiment of the present invention. The transmission control information contains the following
5 elements: message type, station ID, control frame length, and ratio of uplink period.

FIG. 14 is a configuration diagram of an access point, in accordance with a first embodiment of the present invention. An access point is comprised of a directional antenna 1401 for
10 transmitting and receiving wireless signals; a wireless interface 1002 which performs wireless signal processing; a wired interface 1402 which performs wired signal processing; an RX queue 1102a to store data packets from the wireless interface 1002 to the wired interface 1402; a TX queue 1101a
15 to store data packets from the wired interface 1402 to the wireless interface 1002; a measurement part of TX and RX queue length 1405 to measure variable TX and RX queue lengths; a control signal processing part 1410 which creates control signals for notifying the management server 701 of measurement
20 results from the measurement part of TX and RX queue length 1405 and which receives control signals about time of data packet transmission from the management server 701; a multiplexer (MUX) 1409 which multiplexes data packets from the wired interface 1402 and control signal packets from the
25 control signal processing part 1410; a MA wrapper 1001 which maps multiplexed signals from the MUX 1409 into a broadcast packet; a demultiplexer (DEMUX) 1407 which demultiplexes

received packets from the wireless interface 1002 into data packets to the wired interface 1402 and control signal packets to the control signal processing part 1410; a TX and RX timing control part 1103a which controls the timing of writing from the TX queue 1101a to the wireless interface 1002 and the timing of writing from the RX queue 1102a to the wired interface 1402, based on information from the control signal processing part 1410; a timer 1404 which provides time information for managing TX and RX timing, a synchronous pilot signal generator 1403 which generates signals for synchronizing another access point with time information from the timer; a synchronous mode selector 1408 which selects either the wireless interface 1002 or the wired interface 1402 from which synchronous pilot signals are supplied; and a synchronous pilot signal detector 1406 which detects selected synchronous pilot signals.

FIG. 15 is a configuration diagram of a user terminal, in accordance with a first embodiment of the present invention. A user terminal is comprised of an antenna 1501 for transmitting and receiving wireless signals; a wireless interface 1004 which performs wireless signal processing; an external interface 1502 which performs signal processing for interfacing with an external device such as a speaker; an RX queue 1106a to store data packets from the wireless interface 1004 to the external interface 1502; a TX queue 1105a to store data packets from the external interface 1502 to the wireless interface 1004; a control signal processing part 1507 which

receives control signals about time of data packet transmission from an access point; a MUX 1506 which multiplexes data packets from the external interface 1502 and data packets from the wireless interface 1004; a MAC wrapper 1003 which reads broadcast packet headers attached to received packets from the wireless interface 1004 and detaches the headers a DEMUX 1505 which demultiplexes signals processed by the MAC wrapper 1003 into data packets to the external interface 1502 and control signal packets to the control signal processing part 1507; a TX and RX timing control part 1104a which controls the timing of writing from the TX queue 1105a to the wireless interface 1004 and the timing of writing from the RX queue 1106a to the external interface 1502, based on information from the control signal processing part 1507; a timer 1503 which provides time information for managing TX and RX timing; and a synchronous pilot signal detector 1504 which detects synchronous pilot signals for synchronizing with an access point from the wireless interface 1004 and rectifies the timer 1503.

FIG. 16 is a configuration diagram of the management server, in accordance with a first embodiment of the present invention. The management server is comprised of a wired interface 1605 which performs wired signal processing; a database for access point TX and RX queue length data 1603 to register the measurements of TX and RX queue lengths obtained from the access points; a calculation part of control frame length and a ratio of uplink period 1602 which calculates the

length of a control frame in which time of data packet transmission between an access point and a user terminal is controlled and a ratio of time of data packet transmission on the uplink in the control frame (a ratio of uplink period),
5 based on the access point TX and RX queue length data 1603; a control signal processing part 1604 which generates control signals from the management server to the access points and interprets received control signals; and a synchronous pilot signal generator 1601 which generates pilot signals for
10 synchronizing a plurality of access points.

FIG. 17 is an schematic diagram that shows a traffic control method of centralized management type, in accordance with a second of the present invention. The management server 701 monitors all data packets passing through the access
15 points. By this monitoring, the management server 701 can determine traffic size from changes in its TX queues 1701a, 1701b, 1701c for packets transmitted to the access points 107a, 107b, 107c, and its RX queues 1702a, 1702b, 1702c for packets received from the access points 107a, 107b, 107c. The
20 management server can control downlink periods and uplink periods by calculating a ratio of uplink period to downlink period and sending transmission control information to the access points 107a, 107b, 107c. As compared with the embodiment illustrated in FIG. 11, the management server 701
25 should be provided with higher functionality, as the management server 701 must perform data processing of all data packets. However, control signal overhead is less, as the

management server 701 need not receive control signals from the access points.

The configuration of a user terminal in the first embodiment of the present invention is substantially the same as that shown in the second embodiment. The configuration of an access point in the second embodiment is similar to that shown in the first embodiment. The access point in the second embodiment may be like that from the first embodiment, but differ in that the functions of the TX queue, RX queue, and measurement part of TX and RX queue length may be removed. Alternatively, the access point in the second embodiment may be substantially same as that from the first embodiment.

FIG. 18 shows a configuration diagram of the management server, in accordance with a second embodiment of the present invention. The management server is comprised of a wired interface 1605 which performs wired signal processing; TX queues 1701a, 1701b, 1701c to store data packets from the management server to the access points; RX queues 1702a, 1702b, 1702c to store data packets from the access points to the management server; a measurement part of TX and RX queue length 1801 to measure TX and RX queue lengths; a database for TX and RX queue length data 1803 to register the measurement results from the measurement part of TX and RX queue length 1801; a calculation part of control frame length and a ratio of uplink period 1602 which calculates, one, the length of a control frame in which time of data packet transmission between an access point and a user terminal is controlled and,

two, a ratio of time of data packet transmission on the uplink
in the control frame (a ratio of uplink period), based on the
TX and RX queue length data 1803; a control signal processing
part 1604 which generates control signals from the management
server to the access points and interprets control signals; a
5 synchronous pilot signal generator 1601 which generates pilot
signals for synchronizing a plurality of access points; and a
switch 1802 which performs routing and setting forwarded-to-
destinations of control signals from the control signal
processing part 1604, synchronous pilot signals from the
10 synchronous pilot signal generator 1601, and data packets from
the RX queues 1702a, 1702b, 1702c.

FIG. 19 is a schematic diagram that illustrates an
example of discrete access point control, in accordance with
15 the first and the second embodiments of the present invention.
The management server 701 calculates an optimum ratio of
uplink period to downlink period. However, for one couple of
the access point 107a and user terminal 108a and another
couple of the access point 107b and user terminal 108b, the
same ratio of uplink period to downlink period does not always
20 apply. If, for example, the management server knows that
certain conditions are satisfied so that data packets from/to
the user terminal 108a do not cause collision with data
packets to the user terminal 108b and there is no interference
25 problem, the management server can control downlink periods
and uplink periods independently. In this case, discrete
control can be implemented as follows. The calculation part

of control frame length and a ratio of uplink period 1602
shown in FIG. 16 or FIG. 18 calculates, for each individual
access point, an optimum ratio of uplink period to downlink
period so that as many data pockets as possible can be carried
5 and so that the management server sends different transmission
control information to each access point.

FIG. 21 is a schematic diagram that shows a decentralized
traffic control method, in accordance with one embodiment of
the present invention. In the system described with reference
10 to FIG. 6, immediately before an access point 107a transmits
data to a user terminal 108a, the system transmits an RTS
control packet to reserve the communication channel, and
transmission from its neighboring nodes is prohibited by a CTS
control packet.

15 In the example of FIG. 21, however, transmission from a
neighboring node is not prohibited by a CTS control packet,
but restrained by a CTS' control packet. The CTS' control
packet conveys power information required for judging whether
transmission should be restrained and time information during
20 which transmission should be restrained. When another user
terminal 108b receives the CTS' control packet from the user
terminal 108a, it can judge whether it interferes with the
user terminal 108a from the power information. Even within
time during which transmission should be restrained by the
25 CTS' control packet, when the user terminal 108b receives an
RTS control packet, that is, a request to send from its
correspondent access point 107b, it can return a CTS' control

packet to the access point 107b when it has judged that transmission causes no interference with the user terminal 108a and can receive data packets from the access point 107b. In this way, the user terminal 108b can communicate with the access point 107b concurrently with the ongoing communication between the access point 107a and user terminal 108a. Consequently, the transmit prohibition state, which is unnecessary, is eliminated and the system throughput can be enhanced.

FIG. 22 is a graph for explaining the relationship between transmission power and received power for the access points and user terminals, accordance with the third embodiment of the present invention. Assume that an RTS control packet transmitted by the access point 107a with transmission power of 0 dBm was received by the user terminal 108b with received power of -60 dBm (RX). At this time, if the desired carrier to interference ratio (CIR) in the received power has a margin of 33 dB, no interference with its neighboring nodes shall occur. The user terminal 108a transmits a CTS' control packet with transmission power of 15 dBm (TX) to its neighboring nodes, wherein the packet includes the above-mentioned received power (RXP), desired carrier to interference ratio (CIR), and transmission power (TXP) as control information.

If, on the other hand, the user terminal 108b received the CTS' control packet with received power of -70 dBm, then it would detect a propagation loss of 85 dB from the

difference between the received power and the transmission power (TXP) of the CTS' control packet. Upon having received an RTS control packet from the access point 107b, if the user terminal 108b transmits a CTS' control packet with

5 transmission power of -8 dBm, the received power of the CTS' control packet at the user terminal 108a would be -93 dBm because it is believed that the packet arrives at the user terminal 108a with the propagation loss of 85 dB. Knowing that the received power of the CTS' control packet satisfies
10 the margin of 33 dB of the desired CIR, the user terminal 108b can autonomously determine that it may transmit the CTS' control packet.

FIG. 23 illustrates a CTS' control packet format, in accordance with the third embodiment of the present invention.

15 In addition to former CTS control information (transmit prohibition time), this packet includes the following elements: station IO, transmission power (TXP) (uplink), received power (RXP) (from access point), and desired carrier to interference ratio (CIR).

20 FIG. 24 is a schematic diagram of a transmitting judgment algorithm to be executed on a user terminal, in accordance with the third embodiment of the present invention. On a user terminal that received a CTS' control packet, the MAC wrapper 1003 executes the transmitting judgment algorithm. When
25 having received the CTS' control packet, the algorithm first calculates propagation loss L over the channel up to the user

terminal that transmitted the CTS' control packet, using the following equation (3):

$$\text{Propagation loss (L)} = \text{transmission power (TXP)} - \text{CTS' received power} \dots (3)$$

Then, the algorithm calculates allowable interference power (AP) that is allowable for the user terminal that transmitted the CTS' control packet, using the following equation (4):

$$\text{Allowable interference power (AP)} = \text{received power (RXP)} - \text{desired carrier to interference ratio (CIR)} \dots (4)$$

If the transmission power (uplink transmission power) of the user terminal that received the CTS' control packet is greater than allowable interference power (AP) plus propagation loss (L), it will interfere with the user terminal that transmitted the CTS' control packet and transmission is banned. Conversely, if the transmission power of the user terminal that received the CTS' control packet can be set less than allowable interference power (AP) plus propagation loss (L), transmission is enabled without causing interference with the user terminal that transmitted the CTS' control packet.

According to the present invention, in a wireless communication system where access points are equipped with a directional antenna and power control function, and where user terminals are equipped with a non-directional antenna and without the power control function, concurrent transmission of data packets from a plurality of access points to a plurality

of user terminals is enabled and the total system throughput can be enhanced.

FIG. 20 is a graph for the effect of the traffic control of centralized management type, in accordance with the first and second embodiments of the present invention. If the number of access points is equal to the number of user terminals and if the proportion of uplink traffic in the total traffic (the ratio of uplink traffic to total traffic) is 0, the total system throughput is enhanced in proportion to increase in the number of the access points and user terminals. Downlink traffic is a considerably large proportion of traffic on the Internet, and the proportion of uplink traffic in Web browsing application is about 0.1.. Therefore, an increase in the number of access points by applying the wireless communication method of the present invention enhances the total system throughput.

In a wireless communication system where access points are equipped with a directional antenna and power control function, and where user terminals are equipped with a non-directional antenna and power control function, by autonomously adjusting the transmission power of a user terminal to a power level that restrains interference with its neighboring user terminals, concurrent transmission of data packets from a plurality of access points to a plurality of user terminals is enabled and the total system throughput can be enhanced.

FIG. 25 is a graph showing the effect of the decentralized traffic control, in accordance with the third embodiment of the present invention. In the present invention, the transmission power of the user terminals 108a, 108b, 108c is adjusted to prevent interference with other terminals. The graph exhibits high throughput.

System And Method Implementation

Portions of the present invention may be conveniently implemented using a conventional general purpose or a specialized digital computer or microprocessor programmed according to the teachings of the present disclosure, as will be apparent to those skilled in the computer art.

Appropriate software coding can readily be prepared by skilled programmers based on the teachings of the present disclosure, as will be apparent to those skilled in the software art. The invention may also be implemented by the preparation of application specific integrated circuits or by interconnecting an appropriate network of conventional component circuits, as will be readily apparent to those skilled in the art.

The present invention includes a computer program product which is a storage medium (media) having instructions stored thereon/in which can be used to control, or cause, a computer to perform any of the processes of the present invention. The storage medium can include, but is not limited to, any type of disk including floppy disks, mini disks (MD's), optical disks,

DVD, CD-ROMS, micro-drive, and magneto-optical disks, ROMs, RAMs, EPROMs, EEPROMs, DRAMs, VRAMs, flash memory devices (including flash cards), magnetic or optical cards, nanosystems (including molecular memory ICs), RAID devices, remote data storage/archive/warehousing, or any type of media or device suitable for storing instructions and/or data.

Stored on any one of the computer readable medium (media), the present invention includes software for controlling both the hardware of the general purpose/specialized computer or microprocessor, and for enabling the computer or microprocessor to interact with a human user or other mechanism utilizing the results of the present invention. Such software may include, but is not limited to, device drivers, operating systems, and user applications. Ultimately, such computer readable media further includes software for performing the present invention, as described above.

Included in the programming (software) of the general/specialized computer or microprocessor are software modules for implementing the teachings of the present invention, including, but not limited to, assigning a downlink period of transmission from an access point to a user terminal and an uplink period of transmission from the user terminal to the access point, allowing access points to perform concurrent transmission to correspondent user terminals and to halt other user terminals from transmitting data, and during the uplink period, allowing one user terminal to perform transmission at a time, according to processes of the present invention.

Other Embodiments of the Present Invention

The present invention includes, but is not limited to,
5 the following additional embodiments.

The wireless access system may include user terminals and access points, where a user terminal connects to a wired network via an access point, and in a wireless communication system where the access points are equipped with a directional
10 antenna which directs beams toward a user terminal and a transmit power control function, whereas the user terminals are equipped with a non-directional antenna which does not direct beams toward a certain direction and the transmit power control function, user terminal equipment which enables
15 concurrent transmission from a plurality of access points to a plurality of user terminals in such a manner that, in a reply packet to a control packet for communication channel reservation from an access point to a user terminal, the user terminal includes information comprising transmission control
20 time, transmission power of the user terminal, received power of the control packet from the access point, and desired carrier to interference ratio for the received power, and another user terminal that received the reply packet controls its transmission power at a level not to interfere with the
25 user terminal that transmitted the reply packet.

The communication system may include a plurality of access points, where the access points are configured to

restrict the arrival range of radio waves transmitted from the access points, the communication system is characterized in that access control is performed by properly assigning a downlink period of transmission from an access point to a user terminal and an uplink period of transmission from the user terminal to the access point; during the downlink period, the access control allows the plurality of access points to do concurrent transmission to correspondent user terminals and bans user terminals from transmitting at least of a part of data; during the uplink period, the access control allows one user terminal to do transmission at a time. Such a communication system may further include a management server communicable with the access points and the access control and allowing and banning transmission are performed, according to control information from the management server. The management server may transmit control signals to the user terminals via the access points.

In the foregoing specification, the invention has been described with reference to specific embodiments thereof. It will, however, be evident that various modifications and changes may be made thereto without departing from the broader spirit and scope of the invention. The specification and drawings are, accordingly, to be regarded in an illustrative rather than a restrictive sense.

25

CLAIMS

What Is Claimed Is:

1. A communication system comprising:
5 one or more user terminals;
 one or more access points configured to connect the one
 or more user terminals to a wired network; and
 a management server, wherein the management server is
 configured to determine time of data packet
10 transmission on the uplink as an uplink period and
 time of data packet transmission on the downlink as
 a downlink period, and wherein the management server
 is further configured to control time of
15 transmission between the one or more access points
 and the one or more user terminals using control
 information.
2. The communication system of Claim 1, at least one of the
 one or more access points comprises a transmit queue
20 configured to measure downlink traffic from the one or
 more access points to the one or more user terminals.
3. The communication system of Claim 1, wherein each of the
 one or more access points comprises one of:
25 a directional antenna configured to direct beams toward
 the one or more user terminals, and
 a transmit power control function, wherein an asymmetric
 transmit/receive power distribution exists between a

downlink from the one or more access points to the one or more user terminals and an uplink from the one or more user terminals to the one or more access points.

5

4. The communication system of Claim 1, wherein each of the one or more access points comprises one of:

a directional antenna configured to transmit and receive wireless signals;

10

a wireless interface configured to perform wireless signal processing;

a wired interface configured to perform wired signal processing;

15

a transmit queue configured to store data packets from the wired interface to the wireless interface;

a measurement device configured to measure variable transmit queue lengths;

20

a control signal processing device configured to create control signals for notifying the management server of measurement results from the measurement device of transmit queue length and further configured to receive control signals about time of data packet transmission/reception consisting of the downlink period and the uplink period from the management

25

server;

a transmit timing control device configured to control
timing of writing from the transmit queue to the
wireless interface;
a timer configured to provide time information for
5 managing transmit and receive timing;
a synchronous pilot signal generator configured to
generate synchronous pilot signals for synchronizing
another access point with time information from the
timer;
10 a transmission device configured to transmit the
synchronous pilot signals through either the
wireless interface or the wired interface; and
a synchronous pilot signal detector configured to detect
synchronous pilot signals received through the
15 wireless interface or the wired interface and
further configured to rectify timer information from
the timer.

5. The communication system of Claim 1, wherein the one or
20 more user terminals comprises:

a non-directional antenna configured to transmit and
receive wireless signals;

a wireless interface configured to perform wireless
signal processing;

25 an external interface configured to perform signal
processing for interfacing with an external device;

a receive queue configured to store data packets received
from the wireless interface to the external
interface;

a transmit queue configured to store data packets
5 transmitted from the external interface to the
wireless interface;

a control signal processing device configured to receive
control signals about time of data packet
transmission from the one or more access points;

10 a transmit and receive timing control device configured
to control timing of writing from the transmit queue
to the wireless interface and further configured to
control timing of writing from the receive queue to
the external interface, based on information from
15 the control signal processing part;

a timer configured to provide time information for
managing transmit and receive timing; and

a synchronous pilot signal detector configured to get
synchronous pilot signals for synchronizing the one
20 or more access points with time information from the
timer through the wireless interface and further
configured to rectify time information from the
timer.

25 6. The communication system of Claim 2, wherein at least one
of the one or more access points further comprises:

a wired interface configured to perform wired signal
processing;
a database configured to register the measurements of
transmit queue lengths obtained from the one or more
5 access points;
a calculation device configured to calculate a control
frame length, the control frame being a period in
which time of data packet transmission between an
access point and a user terminal is controlled, and
10 further configured to calculate a ratio of uplink
traffic, based on the one or more access point
transmit and receive queue length data;
a control signal processing device configured to generate
control signals from the management server to the
15 one or more access points and further configured to
interpret received control signals; and
a synchronous pilot signal generator configured to
generate pilot signals for synchronizing the one or
more access points.

20
7. The communication system of Claim 1, wherein the
management server comprises:

a wired interface configured to perform wired signal
processing;

25 transmit queues configured to store data packets from the
management server to the one or more access points;

receive queues configured to store data packets from the
one or more access points via the management server
to a wired network;

5 a measurement device configured to measure variable
transmit and receive queue lengths;

a database configured to register measured transmit and
receive queue lengths;

a calculation device configured to calculate control
frame length in which time of data packet
10 transmission between an access point and a user
terminal is controlled and further configured to
calculate a ratio of uplink period, based on the
transmit and receive queue length data;

a control signal processing device configured to generate
15 control signals from the management server to the
one or more access points and further configured to
interpret control signals;

a synchronous pilot signal generator configured to
generate pilot signals for synchronizing the one or
20 more access points; and

a switch configured to deliver data packets from the
receive queues, control signals from the control
signal processing part, and synchronous pilot
signals from the synchronous pilot signal generator
25 to the appropriate transmit queues.

8. The communication system of Claim 4, wherein in order that a data packet transmitted from a first access point and received by a first user terminal does not collide with a reply packet transmitted from a second user terminal to a data packet transmitted from a second neighboring access point, reply packets are synchronized when being transmitted from the first and second user terminals, and wherein in order that the directional antennas of the first and second access points receive only reply packets from correspondent user terminals, respectively, transmission of data packets is scheduled so that both transmissions terminate at a same timing at the first and second access points.

9. The communication system of Claim 4, wherein in order that a data packet transmitted from a first access point and received by a first user terminal does not collide with a reply packet transmitted from a second user terminal to a data packet transmitted from a second neighboring access point, MAC wrappers are installed in each access point and each user terminal and the access point transmits a broadcast packet into which its MAC wrapper maps a header including destination information and data so that reply packet transmission from a user terminal does not take place during a downlink period, and on the user terminal, a MAC wrapper detaches the header from the received broadcast packet and a reply

packet is transmitted from the user terminal to the access point during an uplink period.

10. A method of controlling access of a communication system
5 including one or more user terminals and one or more access points, wherein the one or more access points are configured to enable transmission to a target user terminal without interference with other access points or user terminals, and wherein the user terminals are
10 configured to enable data transmission without interference with other access points or user terminals, the method comprising:
assigning a downlink period of transmission from an access point to a user terminal and an uplink period
15 of transmission from the user terminal to the access point;
allowing access points to perform concurrent transmission to correspondent user terminals and to halt user terminals from transmitting data; and
20 during the uplink period, allowing one user terminal to perform data transmission at a time.
11. The method of Claim 10, wherein the access points perform transmission to target correspondent user terminals using
25 at least one of a directional antenna and an output control circuit.

12. The method of Claim 11, wherein the communication system includes a management server configured to manage the access points, and wherein when the access points perform transmission to the user terminals, the method further
5 comprises exerting control to halt the transmission of a user terminal falling within a predetermined range of interference with a destination user terminal.

13. The method of Claim 11, further comprising:

10 exerting control of the user terminals via the access points; and
under command of a management server, sending transmission control information to a user terminal that should be banned from doing transmission so
15 that the transmission of the user terminal is banned for a suitable time period.

14. The method of Claim 13, further comprising:

allowing the one or more access points to transmit
20 concurrently to correspondent user terminals;
banning user terminals from transmitting reply packets and data during the downlink period; and
transmitting reply packets during the uplink period.

25 15. The method of Claim 13, further comprising:

allowing the one or more access points to transmit
concurrently to correspondent user terminals;

banning the user terminals from transmitting data;
allowing the user terminals to transmit reply packets
during the downlink period; and
synchronizing reply packet transmissions from the user
5 terminals.

16. The method of Claim 13, further comprising:

storing the data packets to transmit in transmit queues
of the one or more access points;

10 storing the received data packets in receive queues of
the one or more access points;

reporting the states of the transmit and receive queues
to the management server;

calculating a downlink period from the transmit queue
15 state;

calculating an uplink period from the receive queue
state;

calculating a control frame length;

calculating a ratio of the uplink period in the control
20 frame length;

creating control signals based on results of the downlink
period, the uplink period, the control frame length,
and the ratio of the uplink period; and

25 sending the control signals to the one or more access
points.

17. The method of Claim 16, wherein the states of the transmit queues and the receive queues are the lengths of the queues.

5 18. A computer-readable medium carrying one or more sequences of one or more instructions for controlling a distributed storage system for controlling access of a communication system including one or more user terminals and one or more access points, the one or more sequences of one or more instructions including instructions which, when
10 executed by one or more processors, cause the one or more processors to perform the steps of:

assigning a downlink period of transmission from an access point to a user terminal and an uplink period
15 of transmission from the user terminal to the access point;

allowing access points to perform concurrent transmission to correspondent user terminals and to halt other user terminals from transmitting data; and

20 during the uplink period, allowing one user terminal to perform transmission at a time.

19. The computer-readable medium of Claim 18, wherein the access points perform transmission to target
25 correspondent user terminals using at least one of a directional antenna and an output control circuit.

20. The computer-readable medium of Claim 19, wherein the communication system includes a management server configured to manage the access points, and wherein when the access points perform transmission to the user terminals, the instructions further cause the one or more processors to perform the step of exerting control to halt the transmission of a user terminal falling within a predetermined range of interference with a destination user terminal.

10

**SYSTEM AND METHOD FOR WIRELESS COMMUNICATION USING A
MANAGEMENT SERVER AND ACCESS POINTS**

ABSTRACT

5

A system and method are provided for wireless communication. In one example, a wireless communication system that enhances total system throughput is provided. The system performs parallel data transmission from a plurality of access points to a plurality of user terminals. On terminals with power control function, their transmit power can be set to minimize interference. The wireless communication system comprises a management server which performs centralized management of time of access-point-to-terminal packet transmission, access points, and user terminals that perform data transmission, according to transmission time control information from the management server. Transmit queues for measuring downlink traffic and receive queues for measuring uplink traffic are provided on the access points or the management server. The system determines uplink and downlink periods from the transmit and receive queue lengths. The system also controls the access points and user terminals to transmit for the determined periods. Consequently, packet collision due to transmission from a terminal that interferes with neighboring terminals is eliminated. Thus, system throughput is enhanced.

10

15

20

25

FIG. 1 (PRIOR ART)

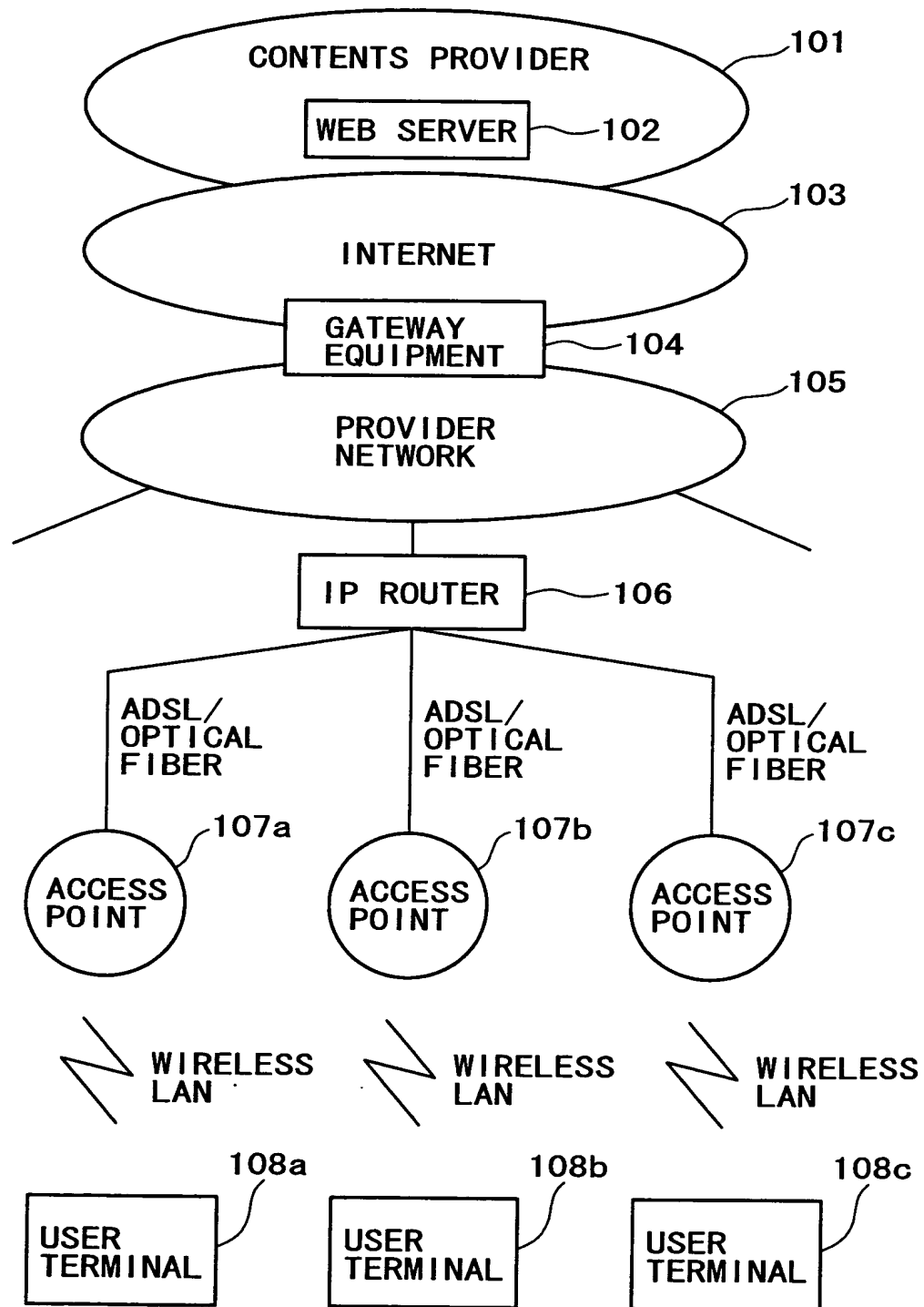


FIG. 2 (PRIOR ART)

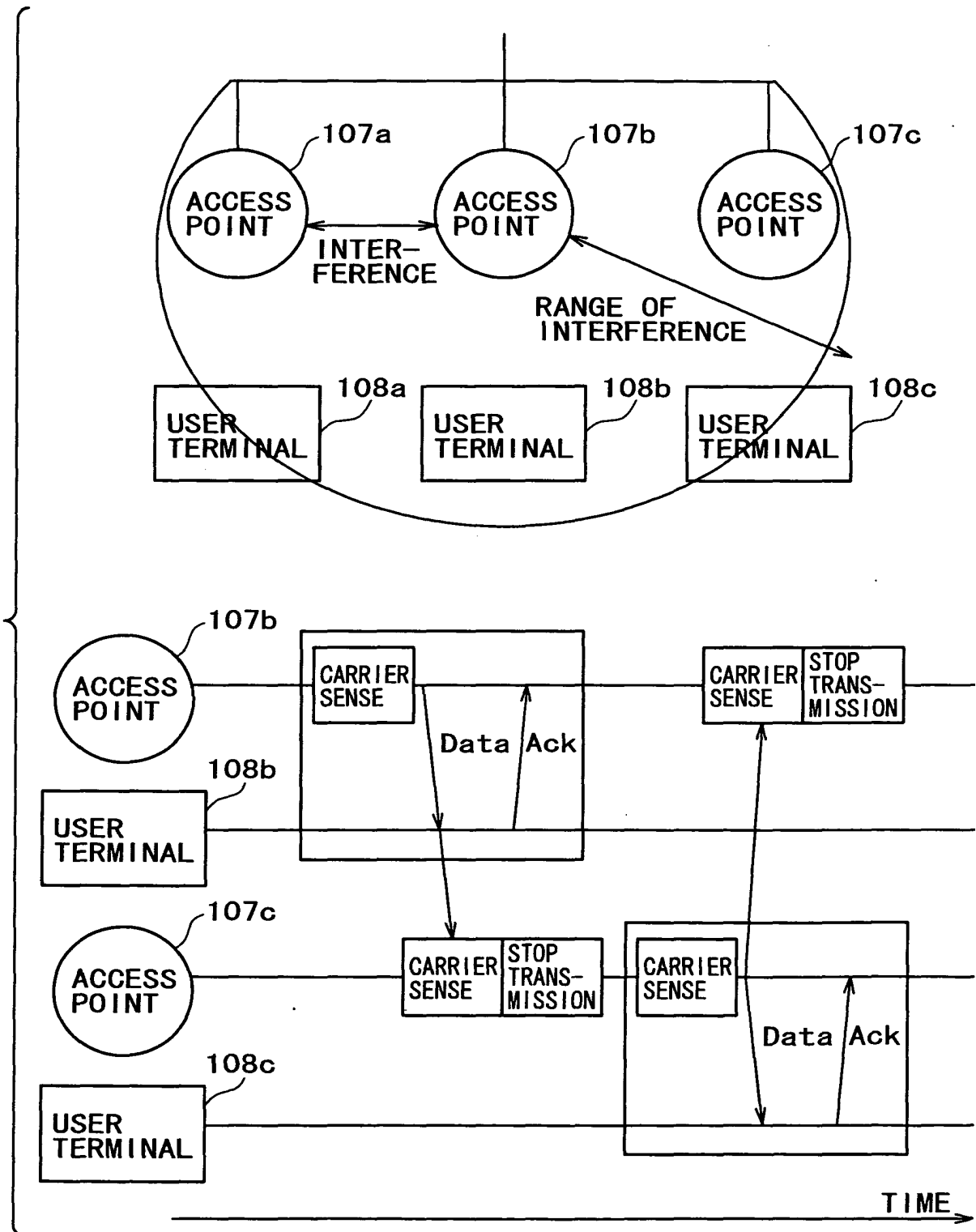


FIG. 3 (PRIOR ART)

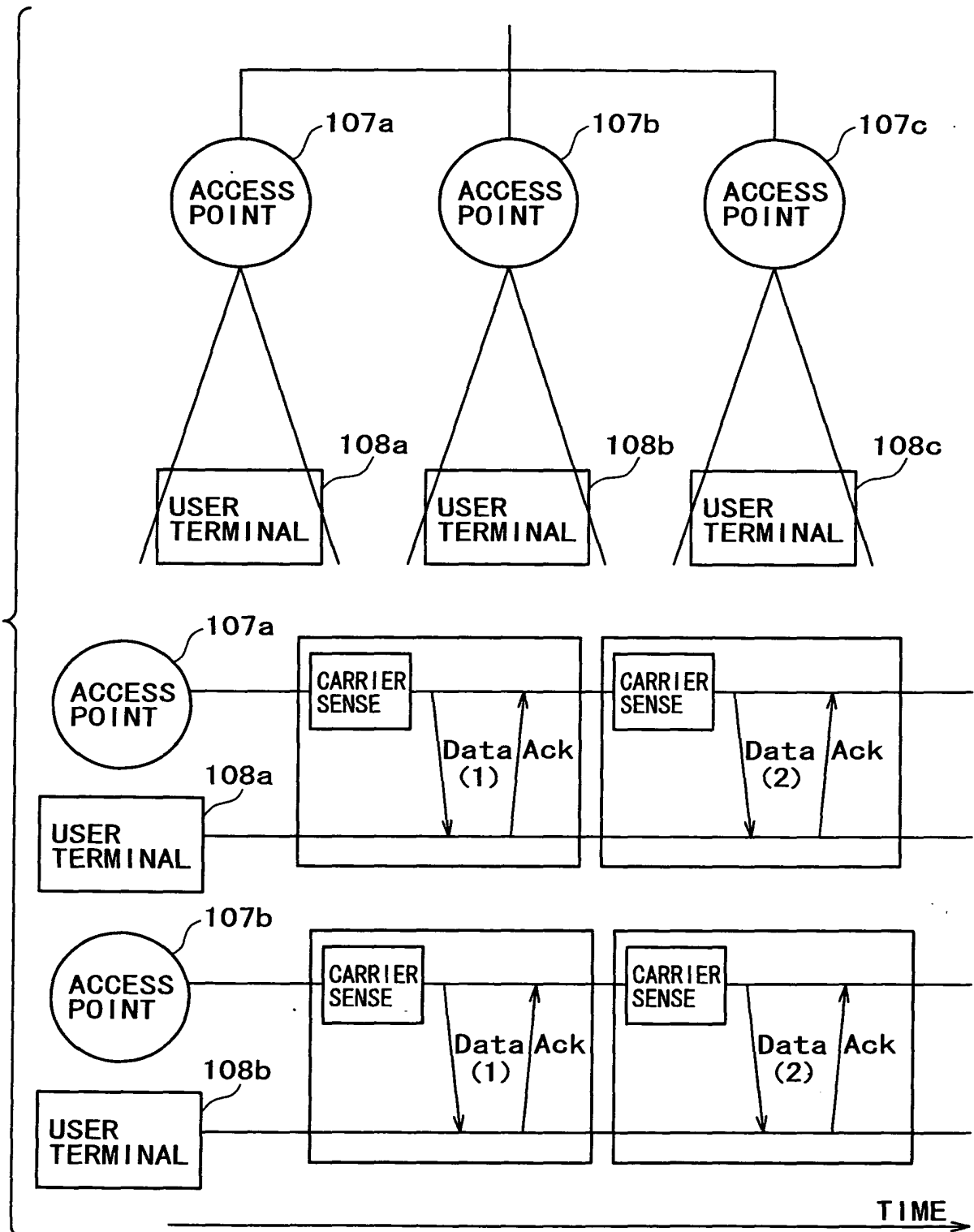


FIG. 4 (PRIOR ART)

SUBJECT 1 (PACKET COLLISION)

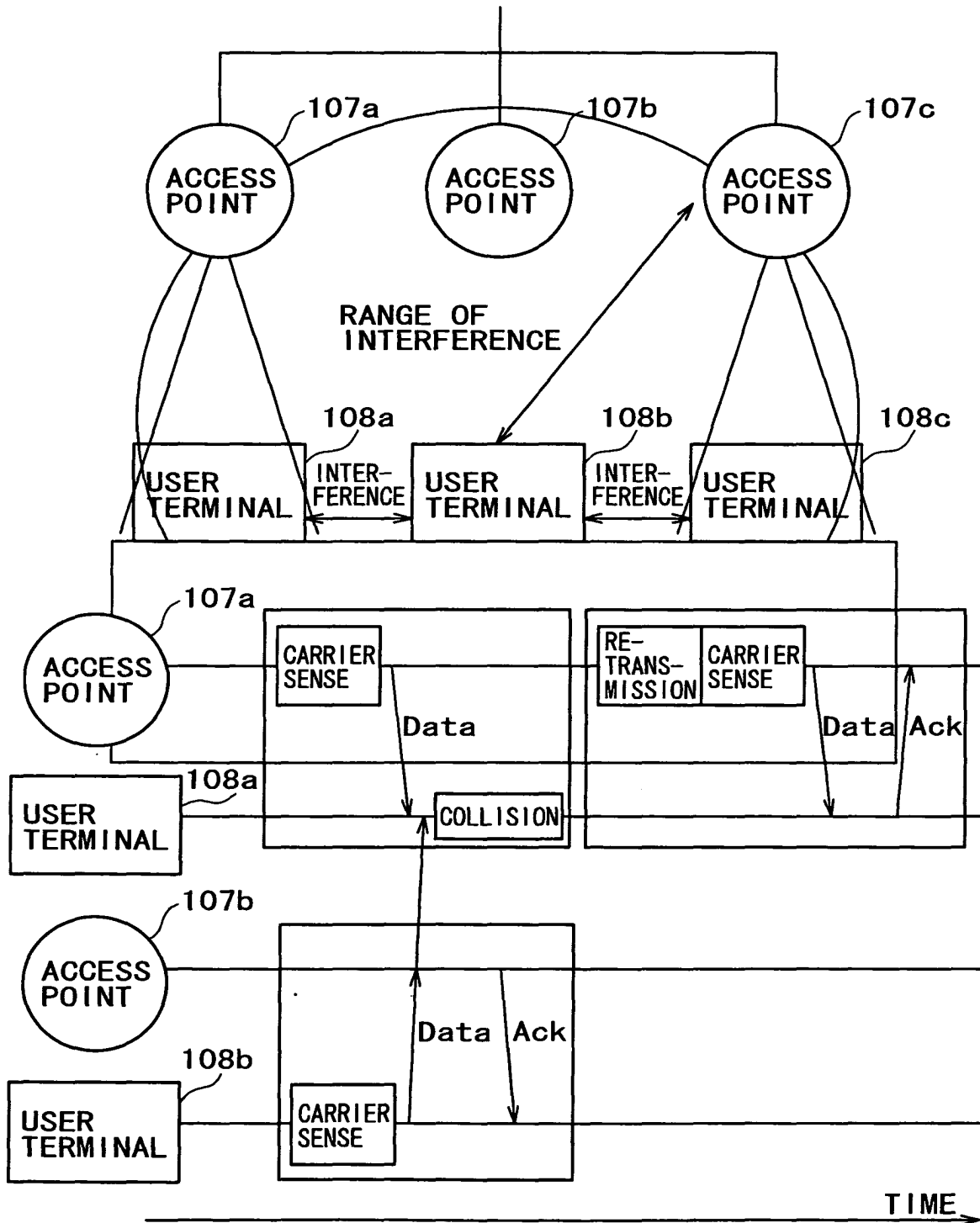


FIG. 5 (PRIOR ART)

PACKET COLLISION AVOIDANCE METHOD
WITH VIRTUAL CARRIER SENSE

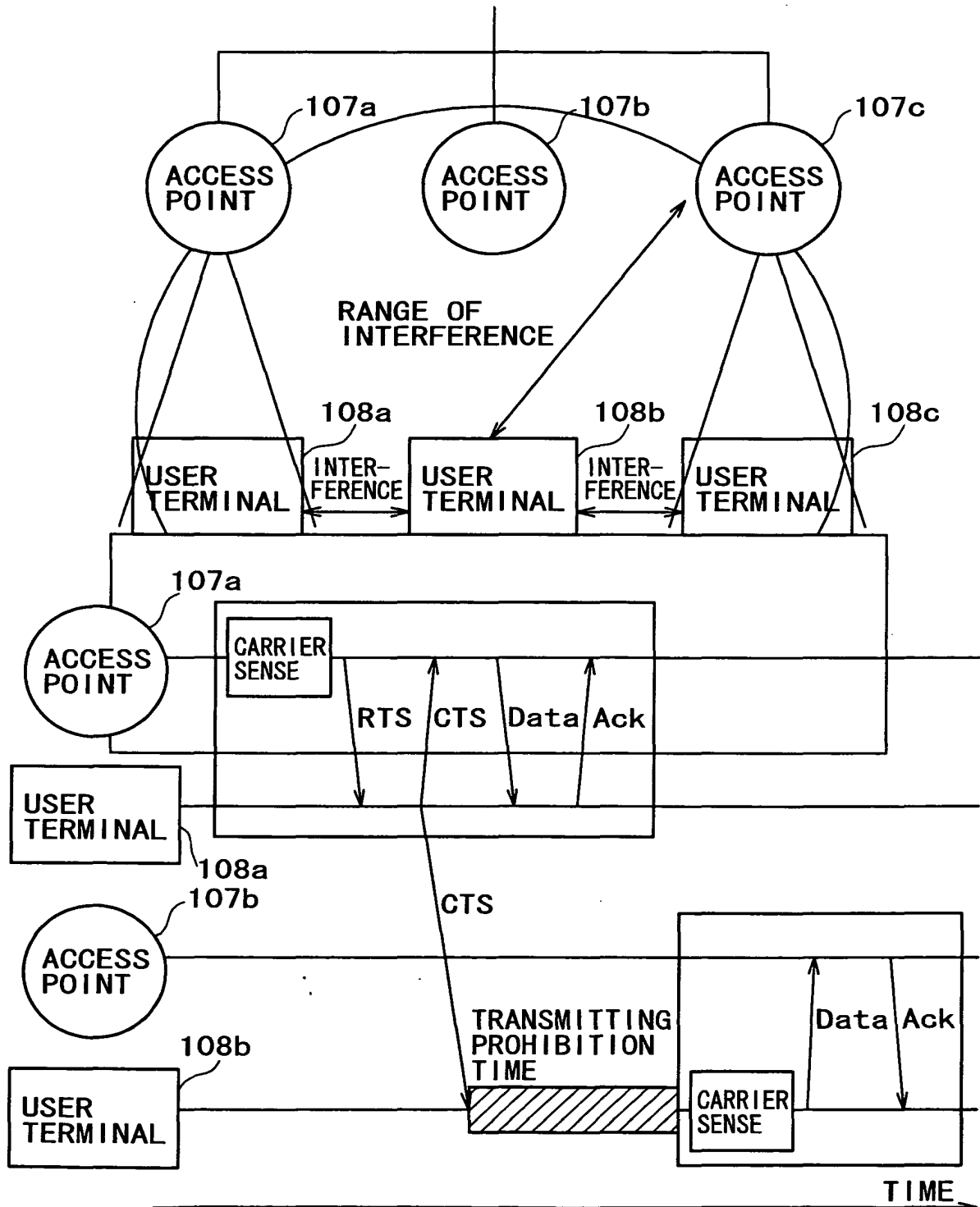


FIG. 6 (PRIOR ART)

SUBJECT (WITH VIRTUAL CARRIER SENSE)

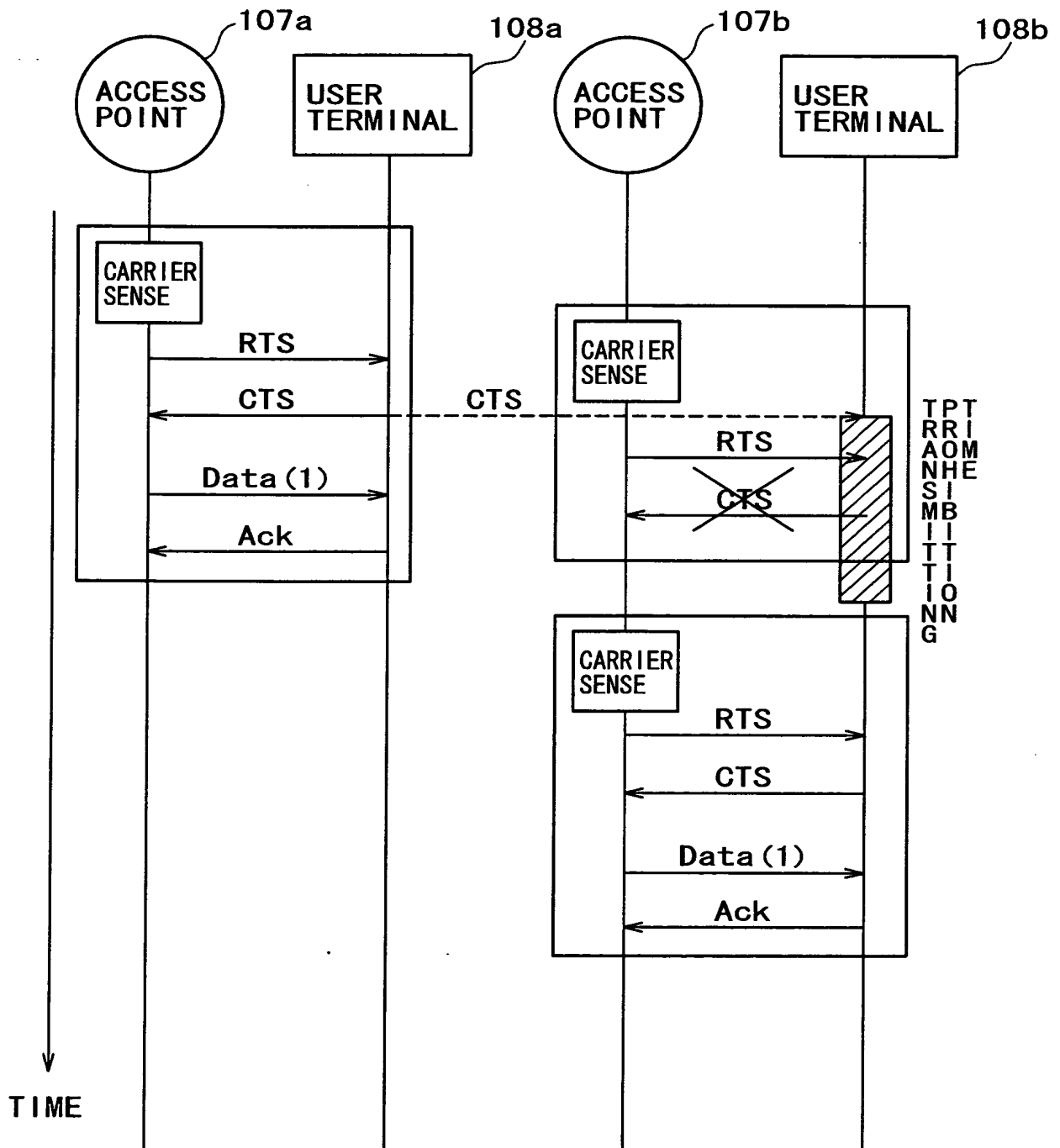


FIG. 7

INVENTION (DATA COMMUNICATION)

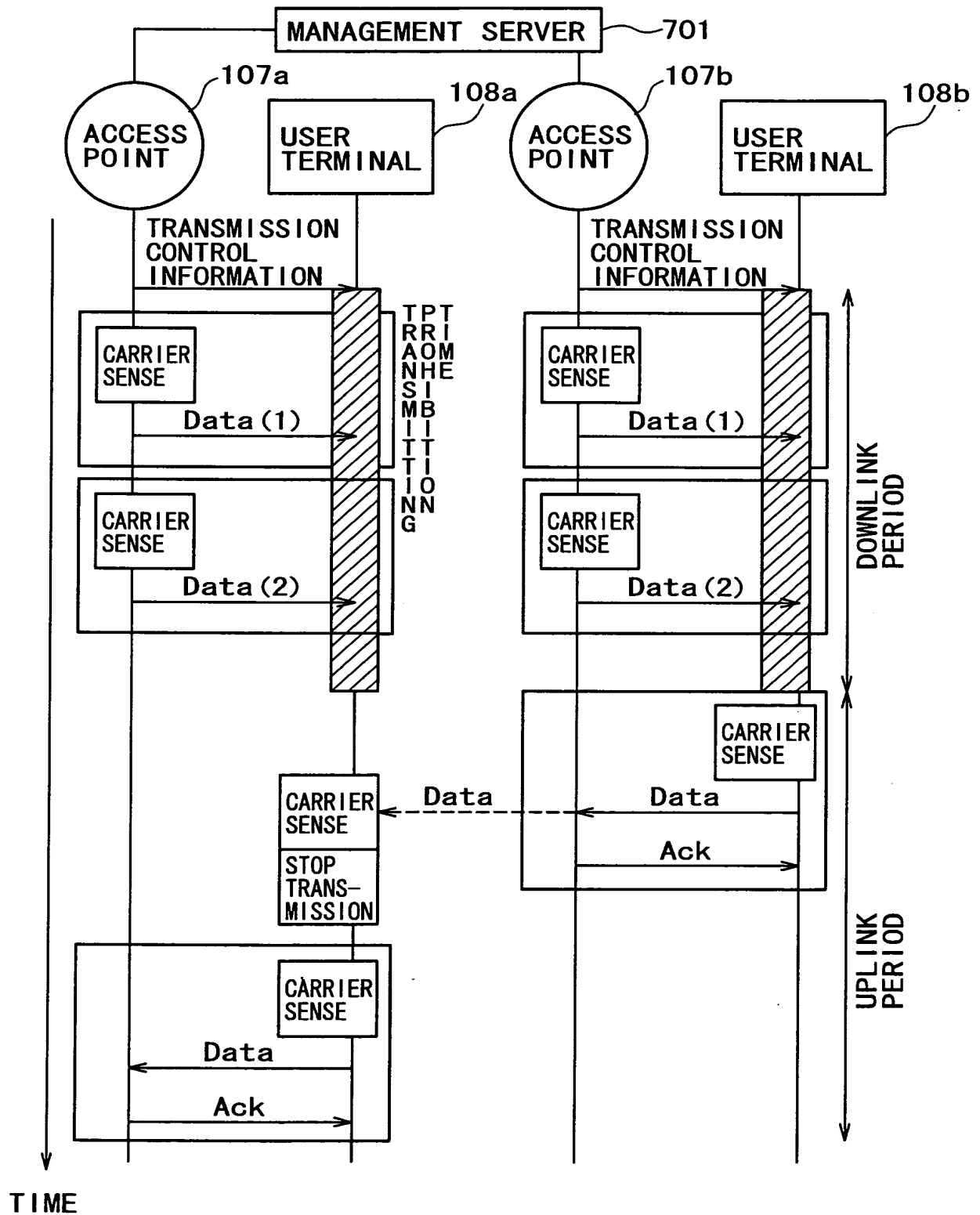


FIG. 8

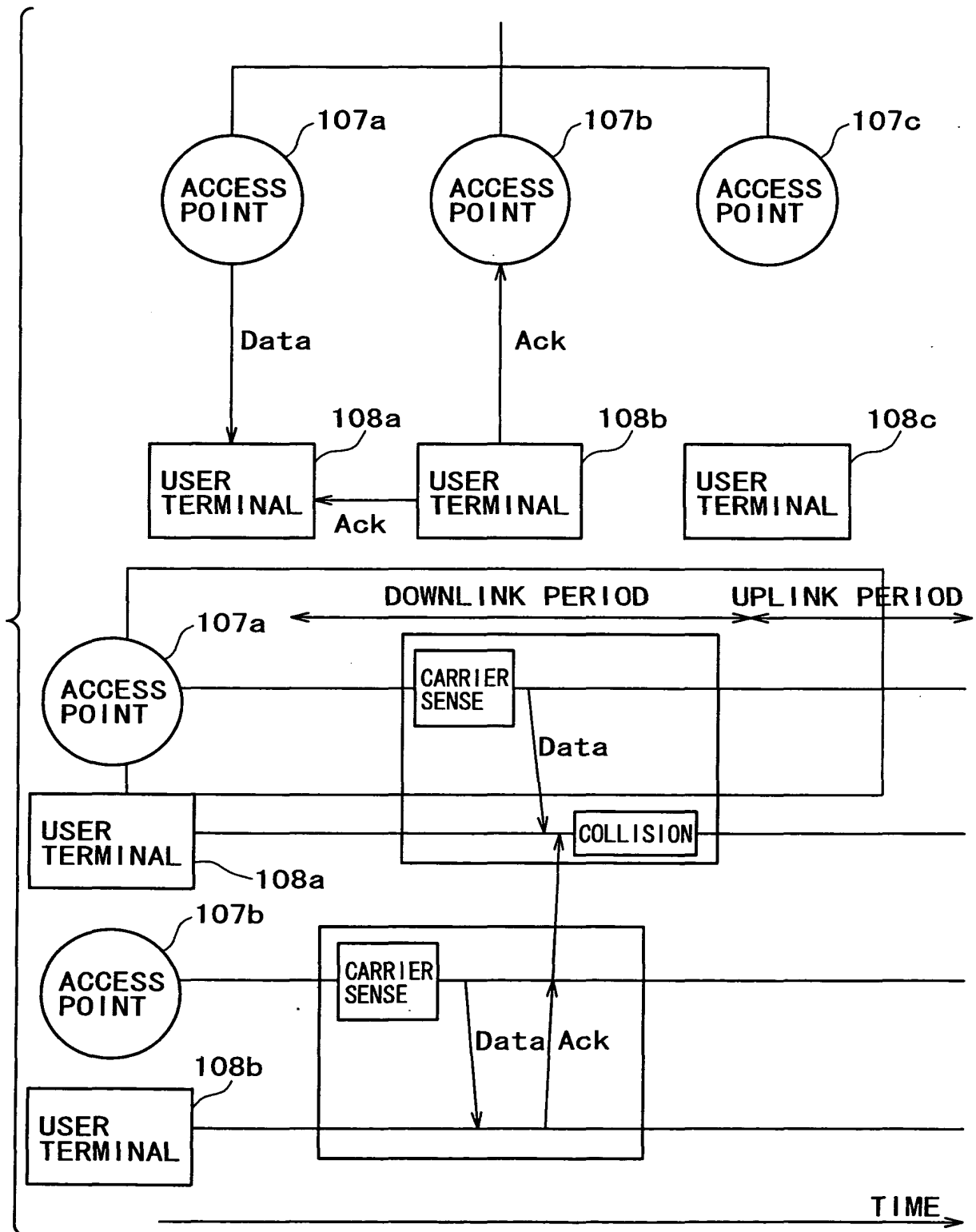


FIG. 9

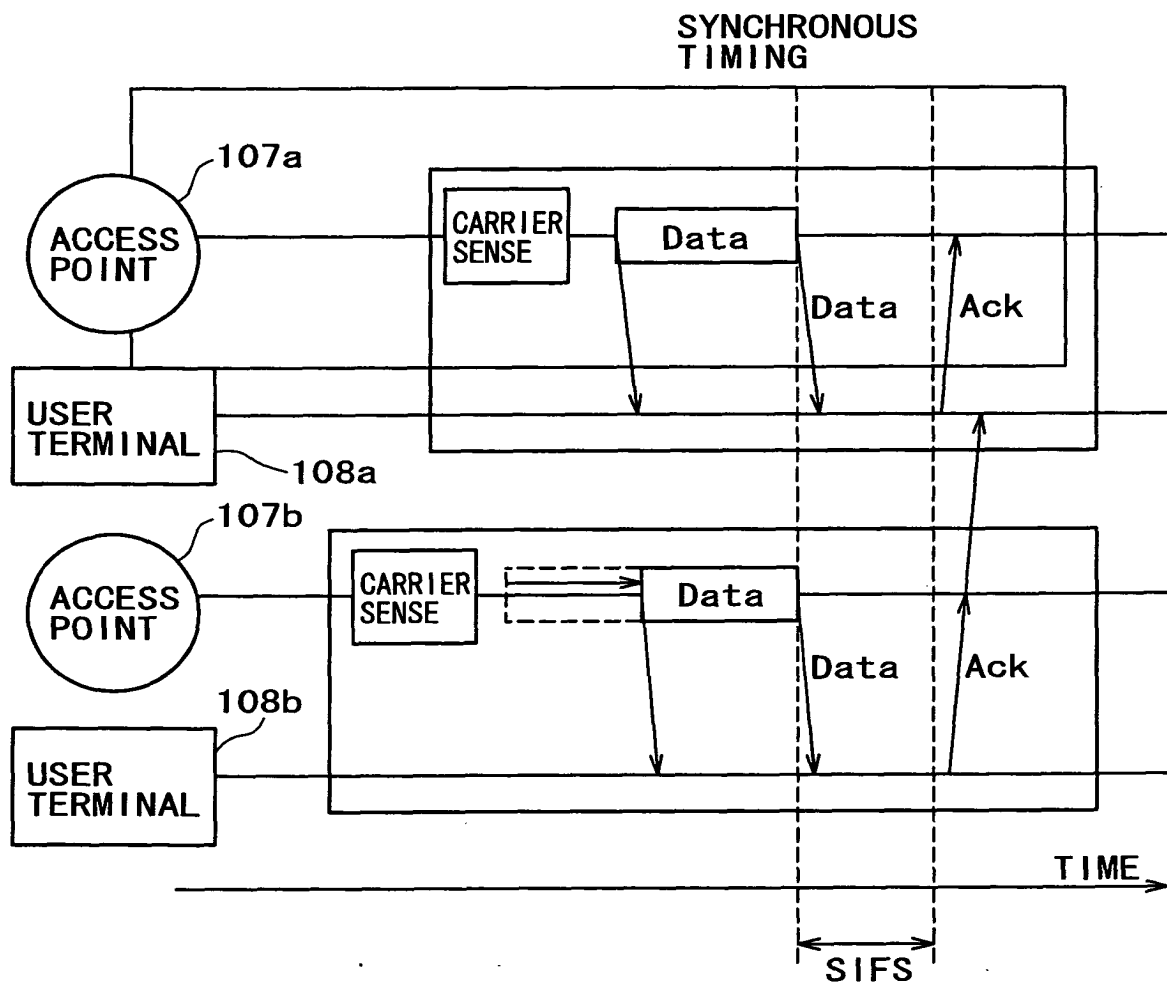


FIG. 10

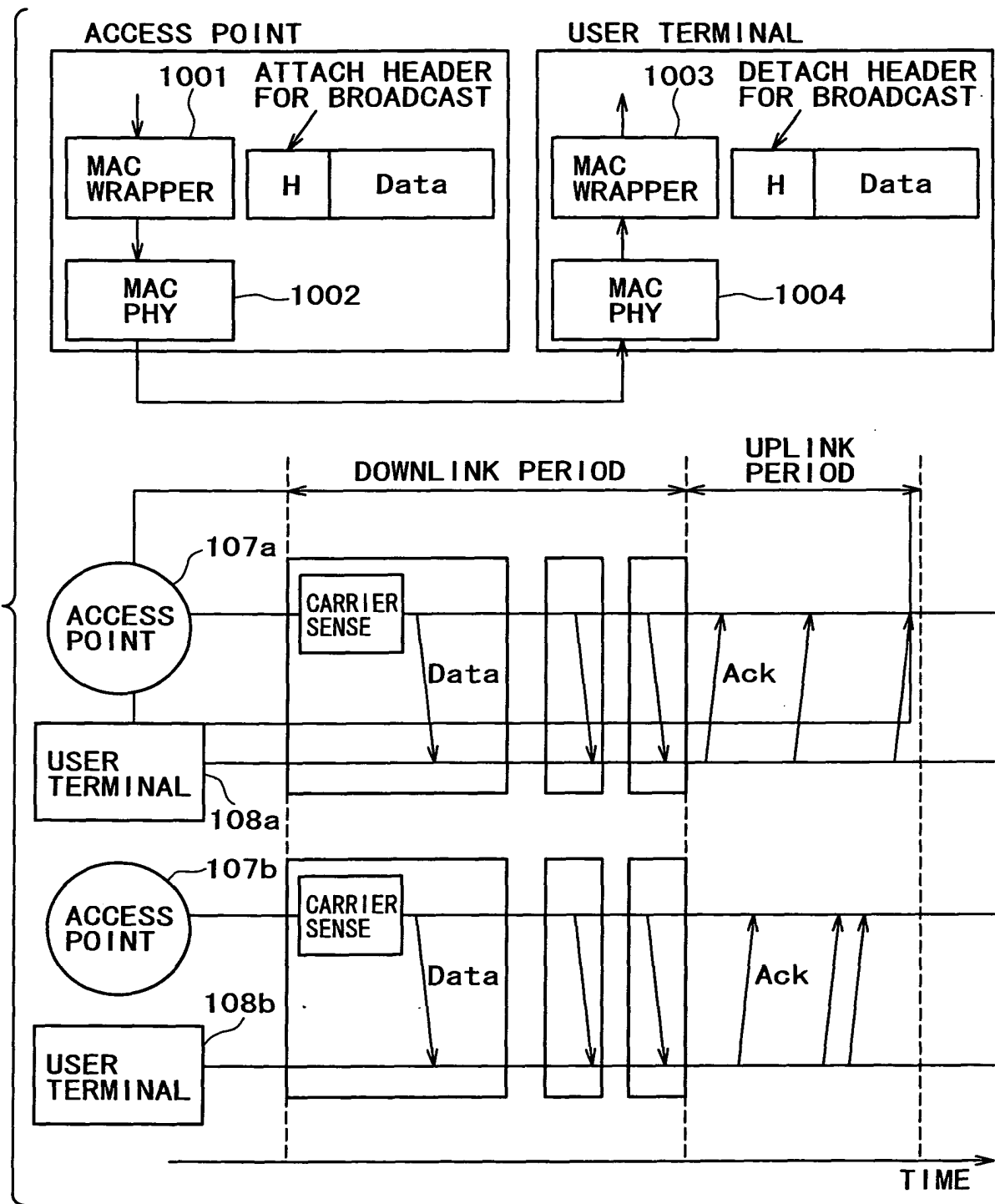


FIG. 11

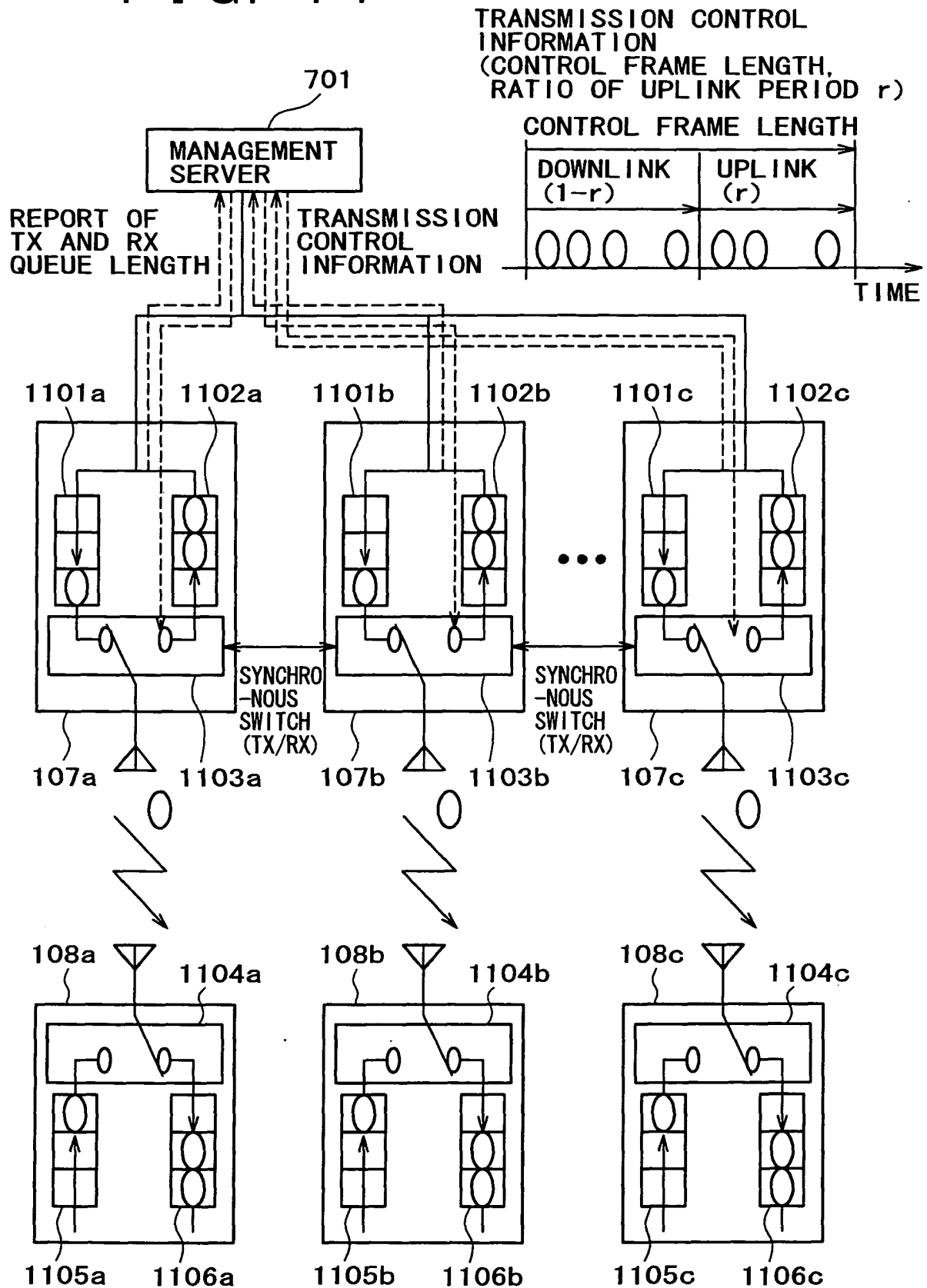


FIG. 12

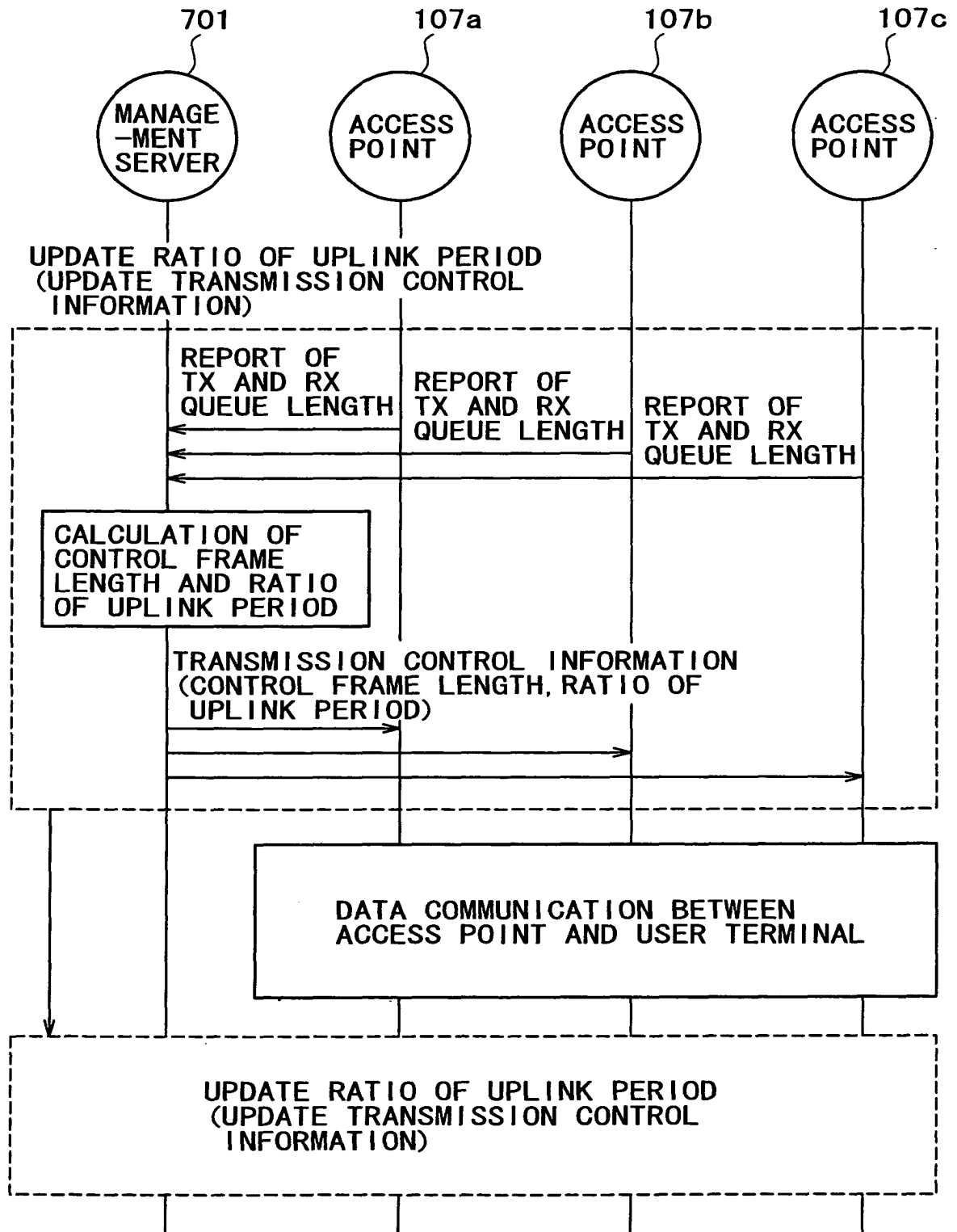
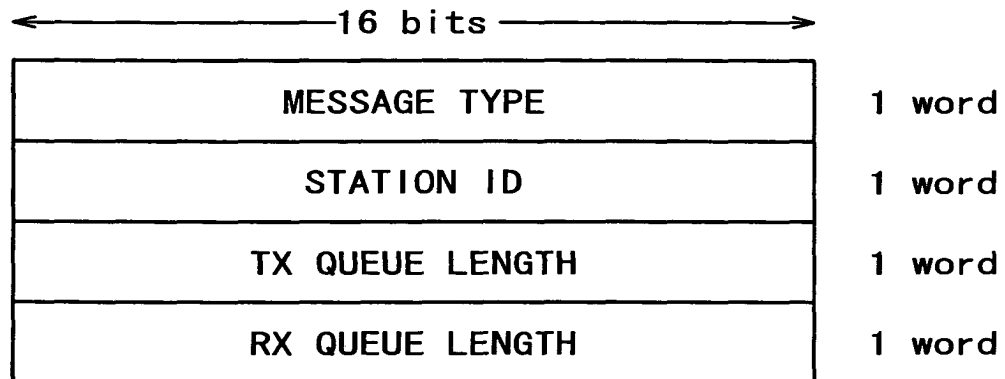


FIG. 13A

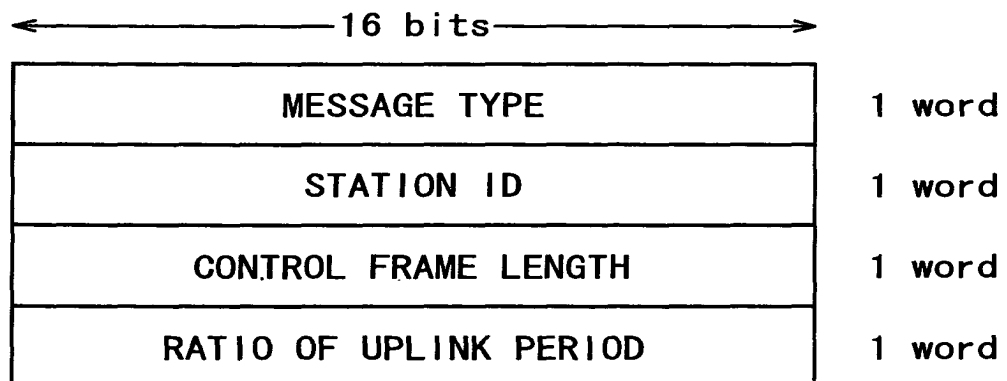
REPORT OF TX AND RX QUEUE LENGTH



MESSAGE TYPE: 0x01 (MEASUREMENT RESULTS) REPORT
OF TX AND RX QUEUE LENGTH

FIG. 13B

TRANSMISSION CONTROL INFORMATION



MESSAGE TYPE: 0x02 TRANSMISSION CONTROL
INFORMATION

FIG. 14

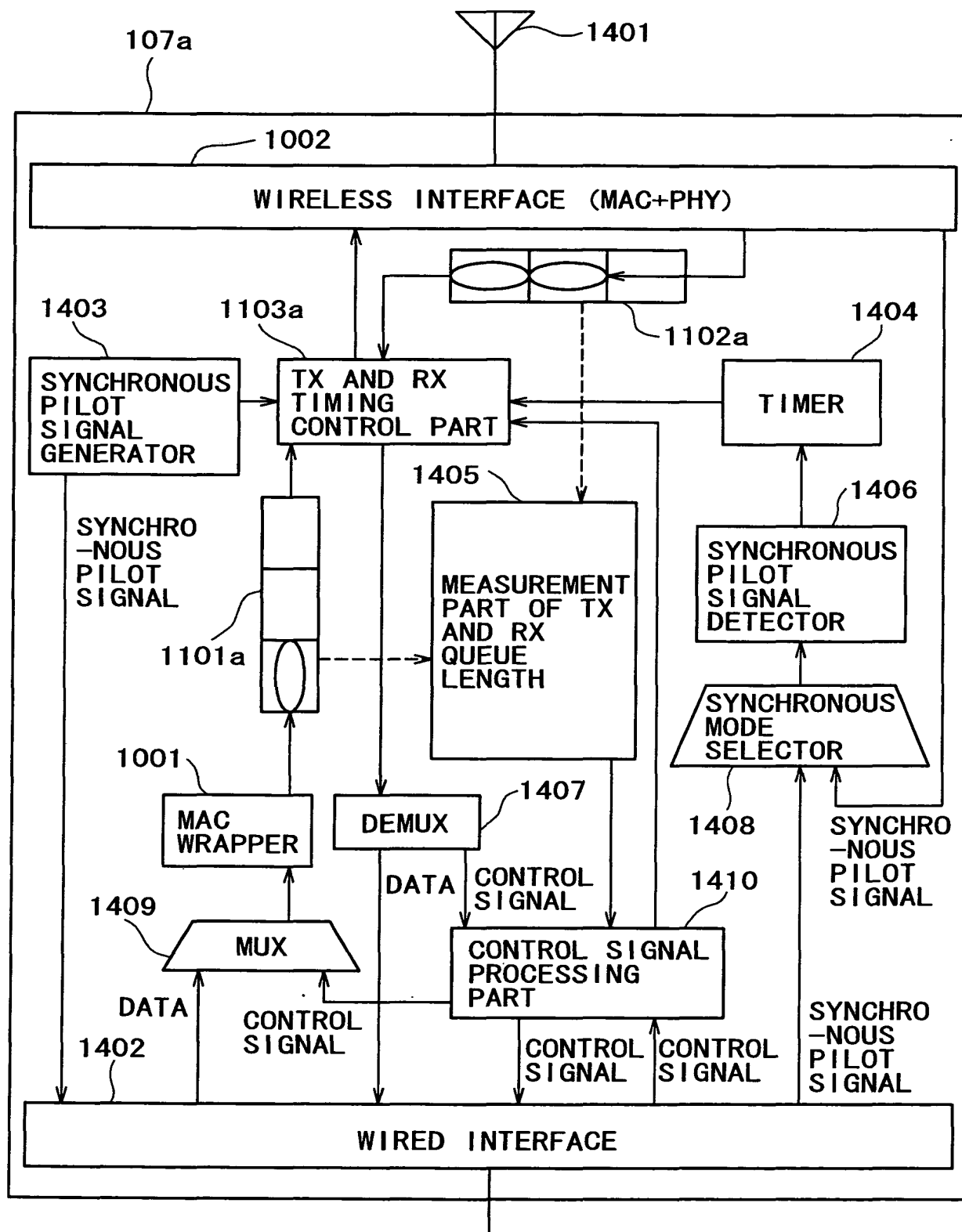


FIG. 15

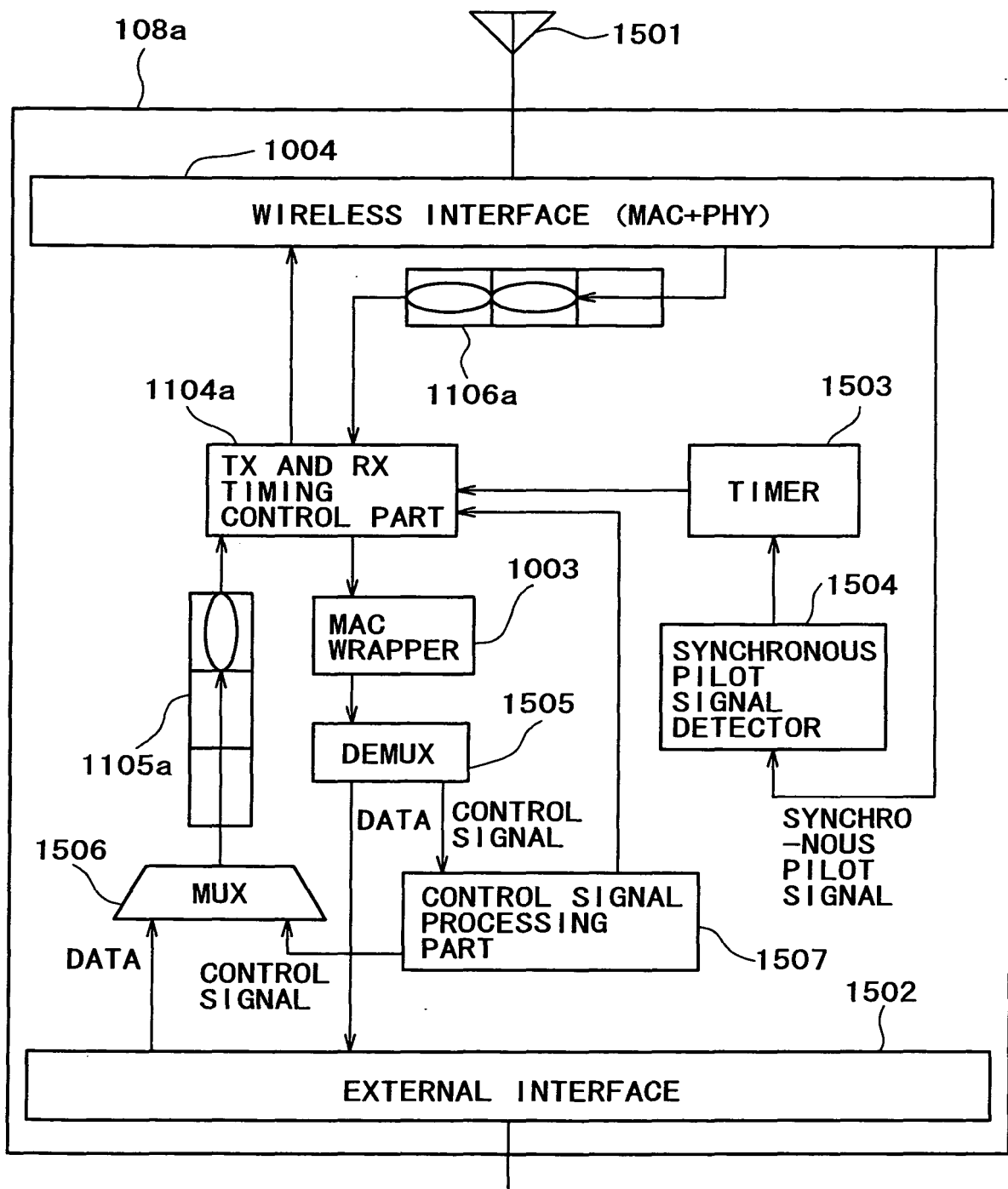


FIG. 16

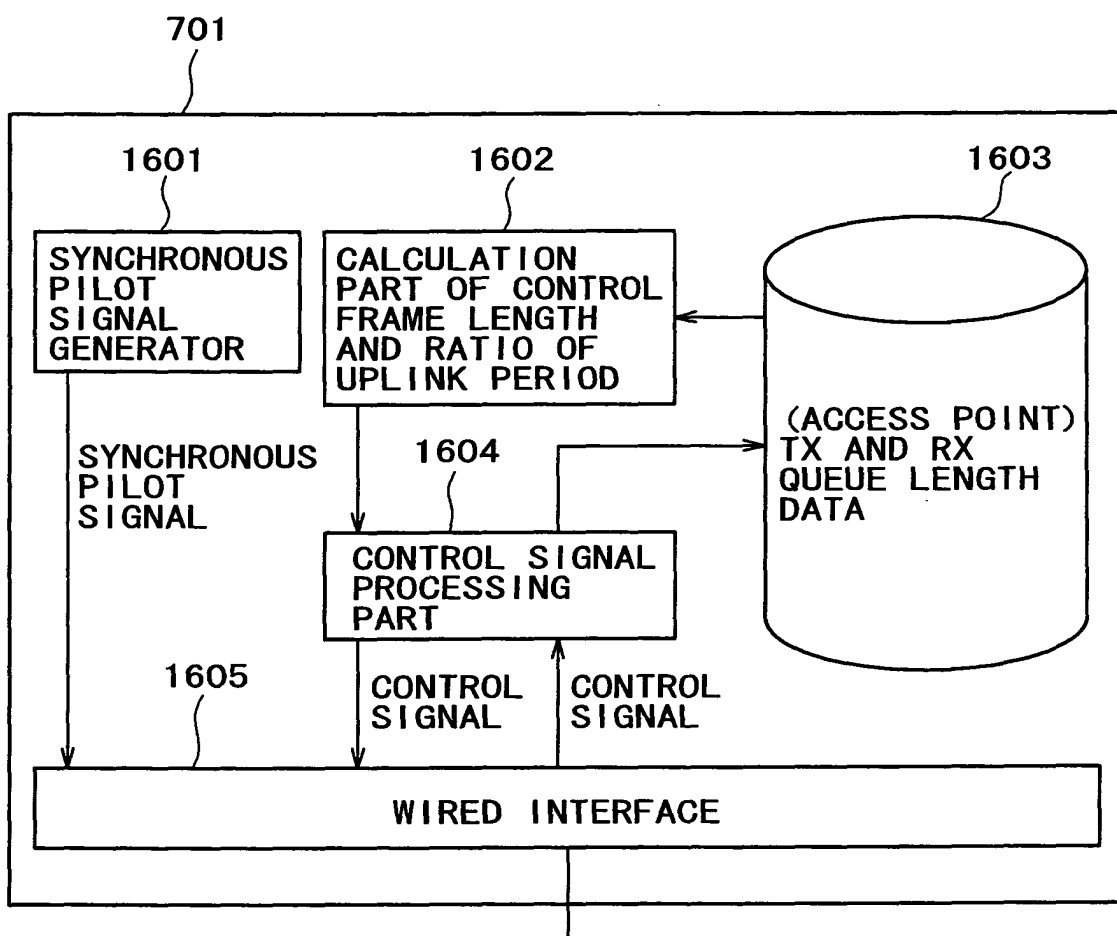


FIG. 17

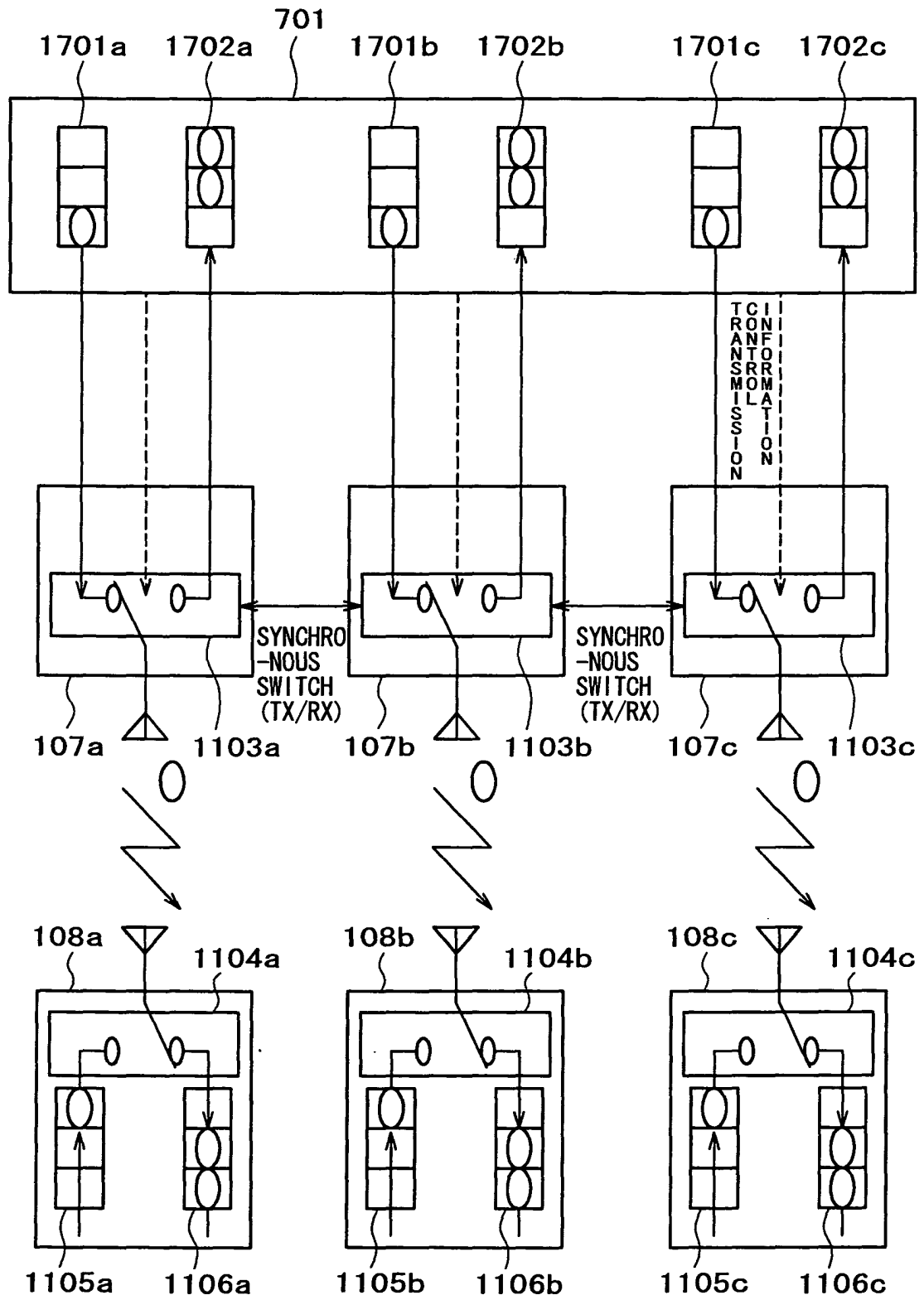


FIG. 18

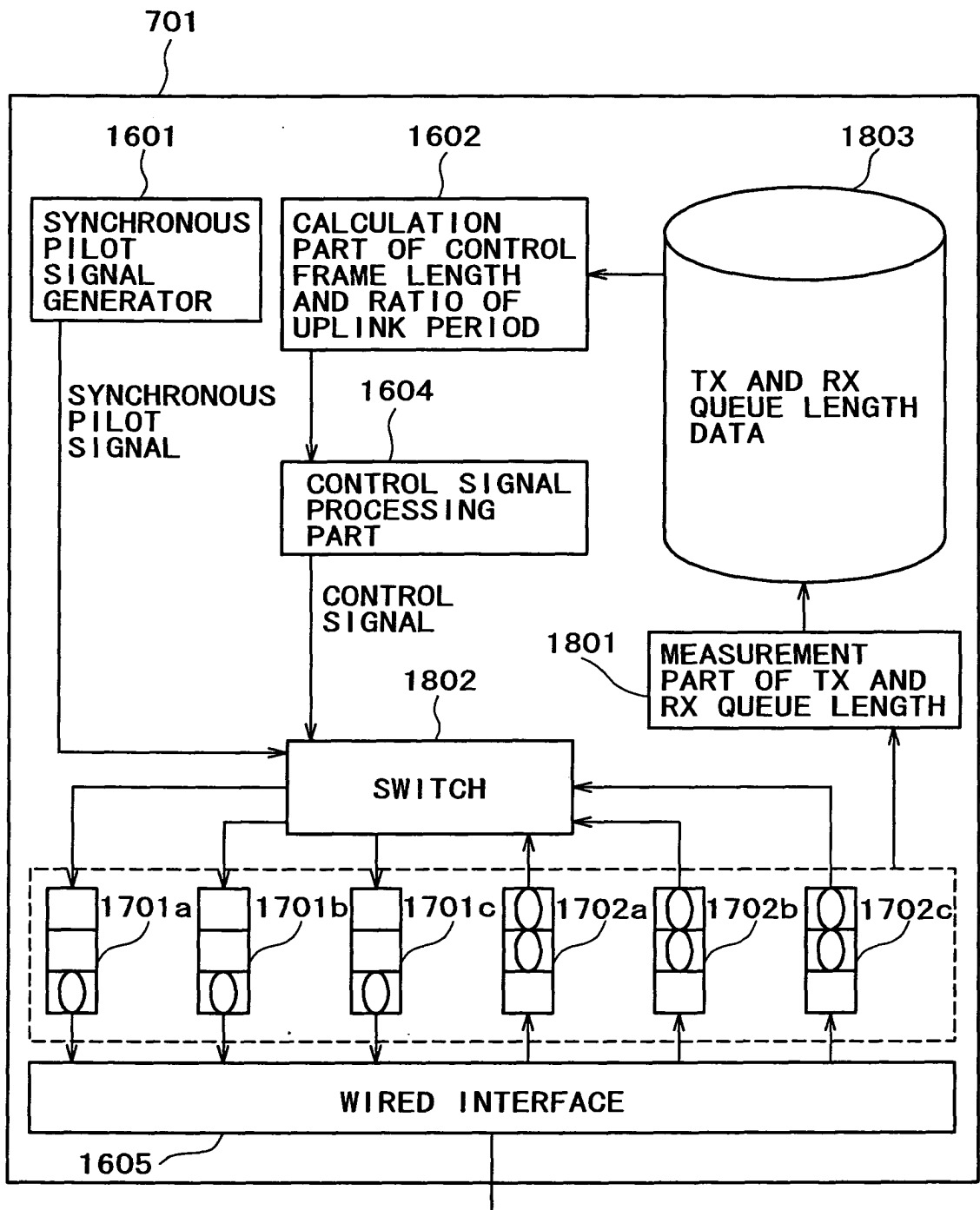


FIG. 19

INVENTION (DATA COMMUNICATION)

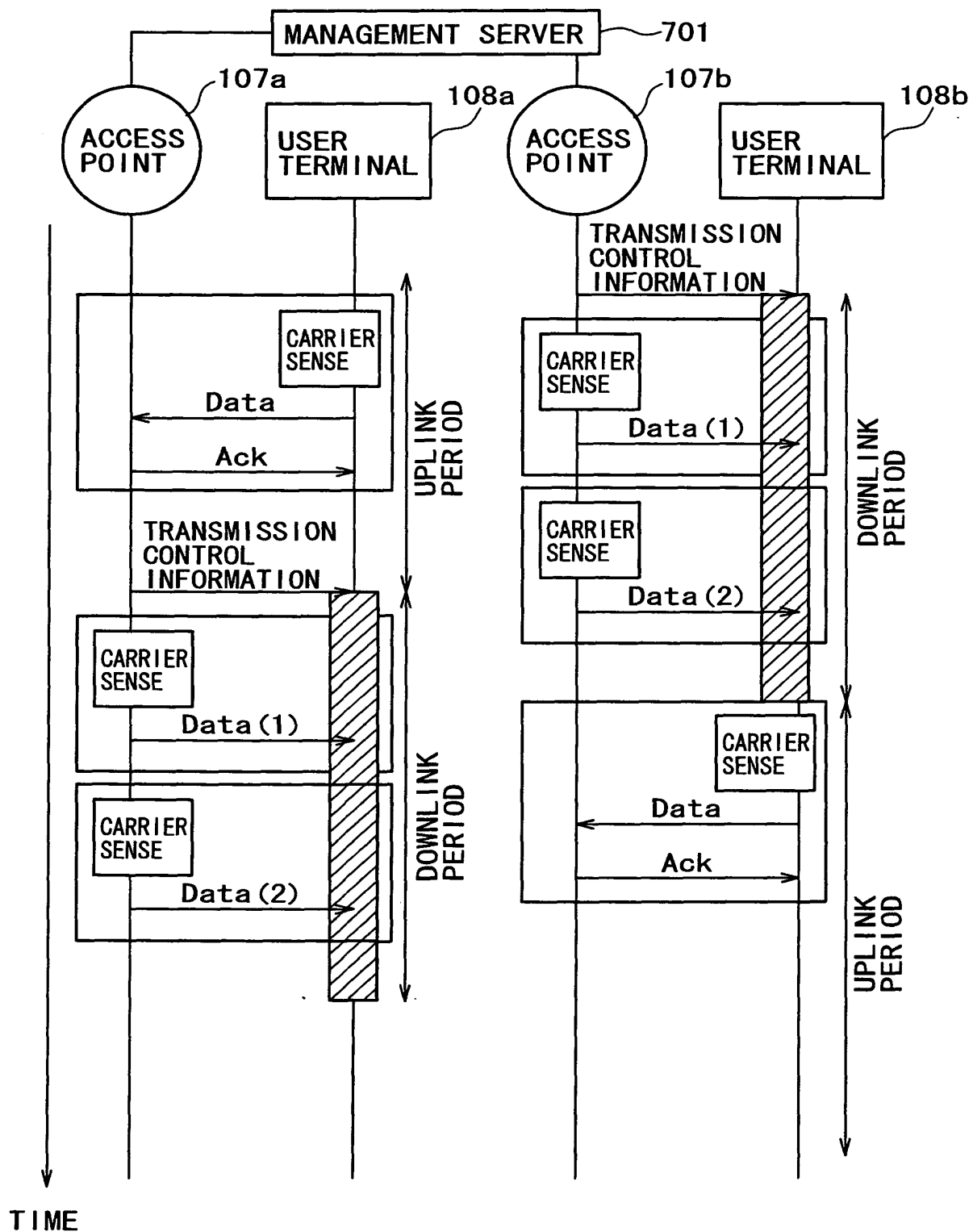
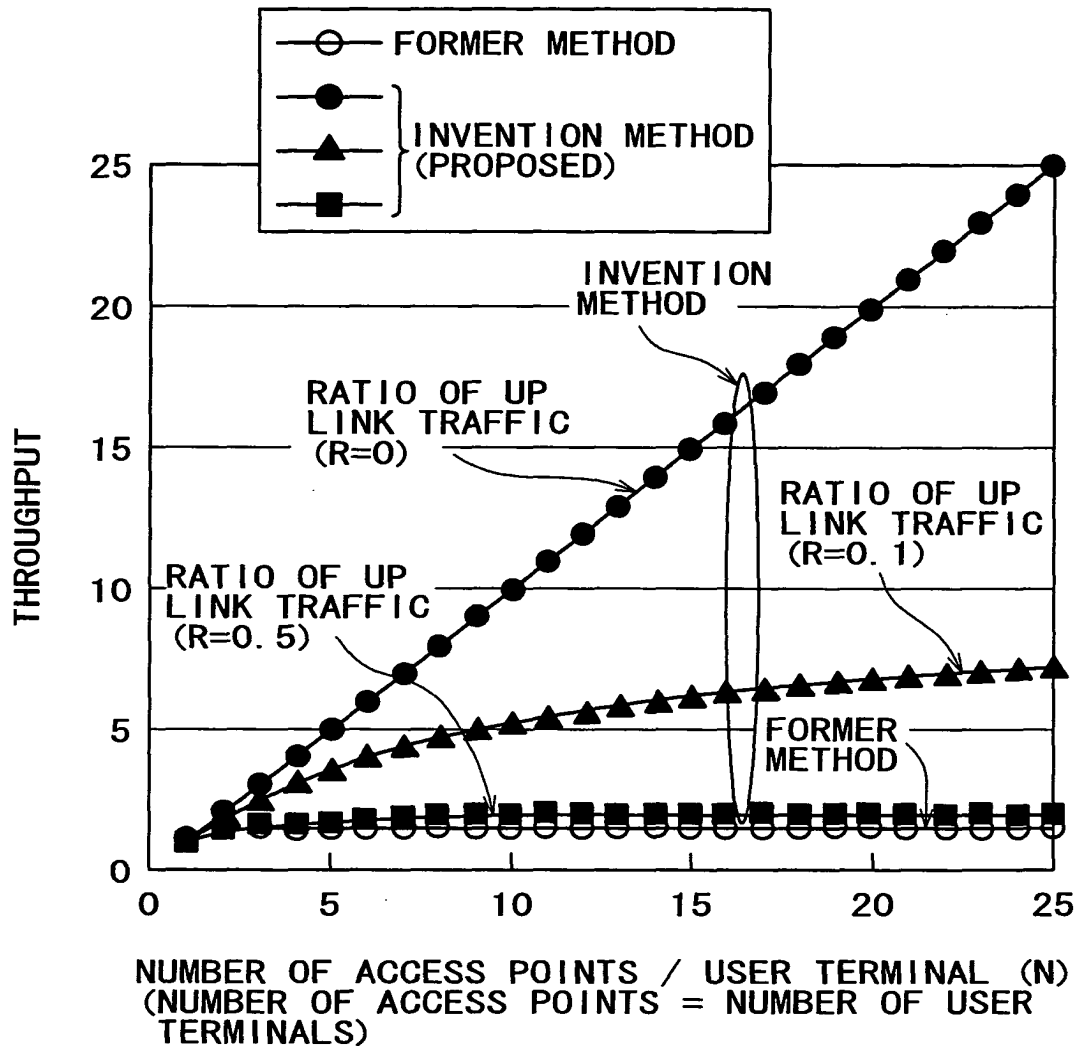


FIG. 20



$$\text{THROUGHPUT} = \sum_{i=1}^N (\text{PASSAGE TRAFFIC} / \text{DEMAND TRAFFIC})$$

$$\text{RATIO OF UPLINK TRAFFIC (R)} = \frac{(\sum_{i=1}^N \text{UPLINK DEMAND TRAFFIC}) / (\sum_{i=1}^N (\text{TOTAL}) \text{DEMAND TRAFFIC})}{1}$$

FIG. 21

INVENTION (AUTONOMOUS DISTRIBUTED TYPE:
EXTENDED VIRTUAL CARRIER SENSE)

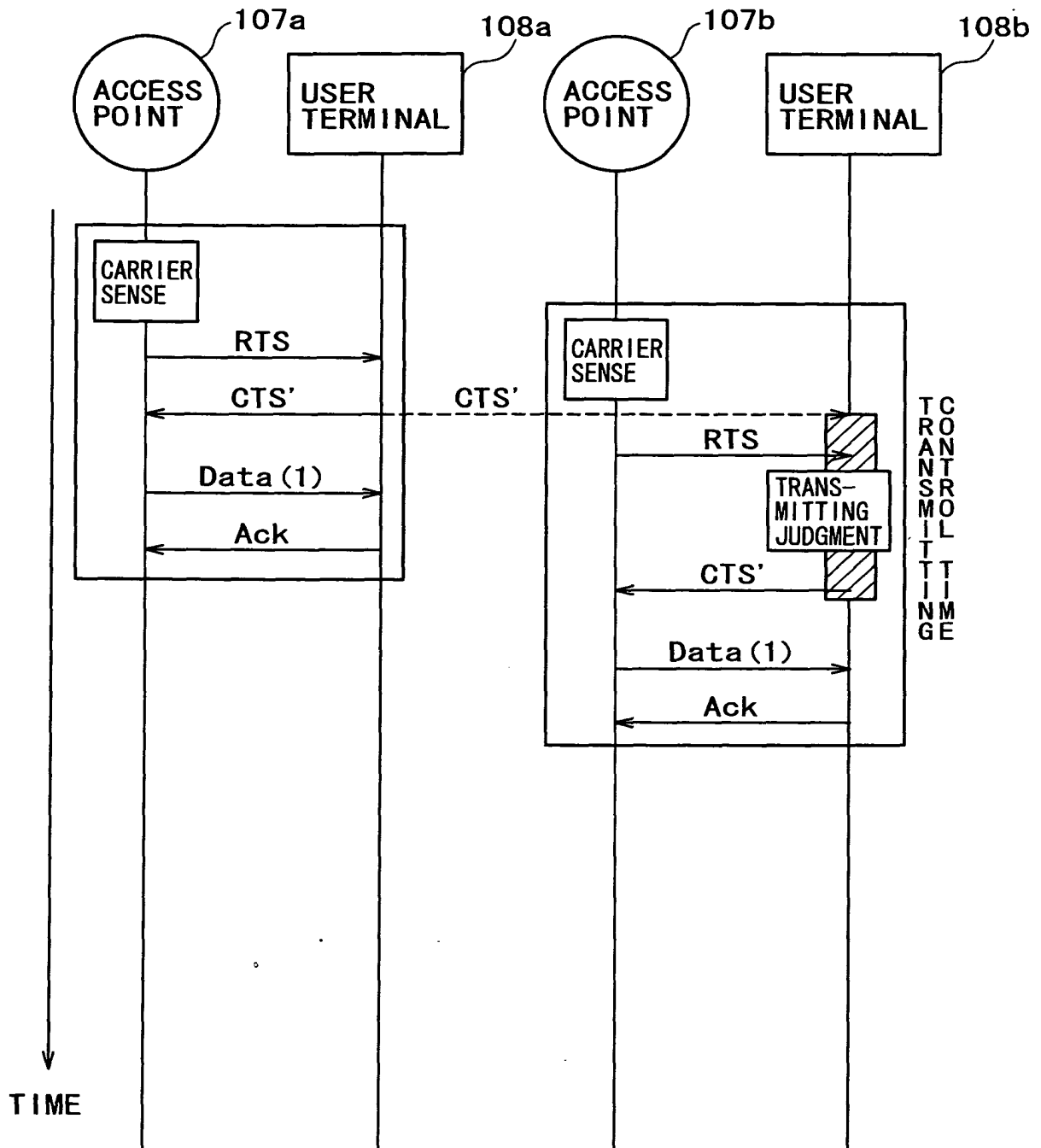


FIG. 22

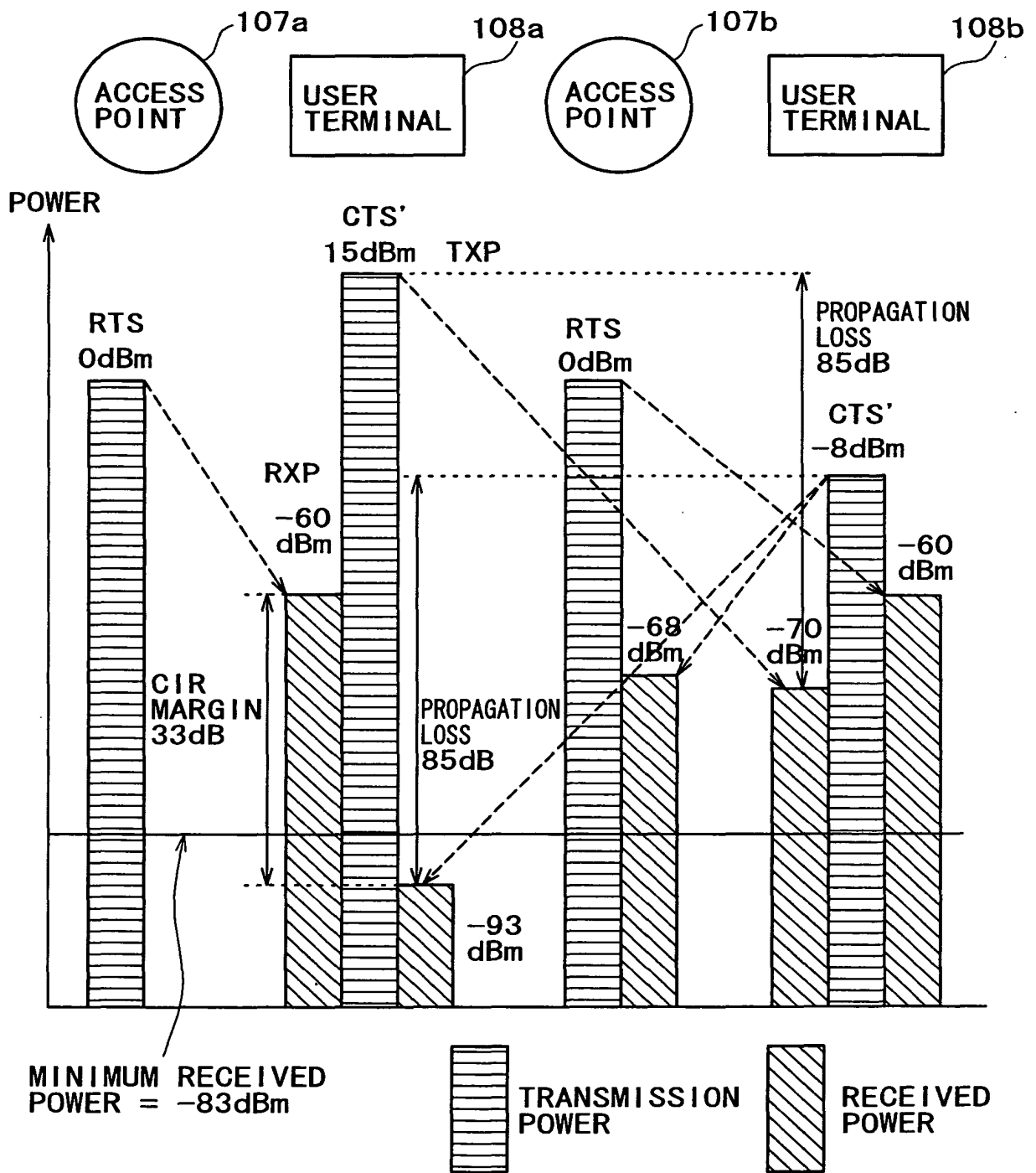


FIG. 23

CTS' FORMAT

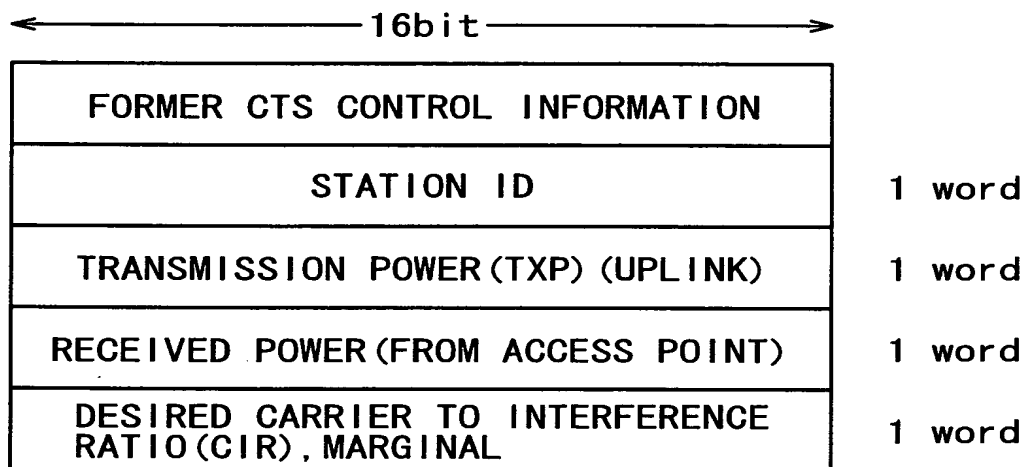


FIG. 24

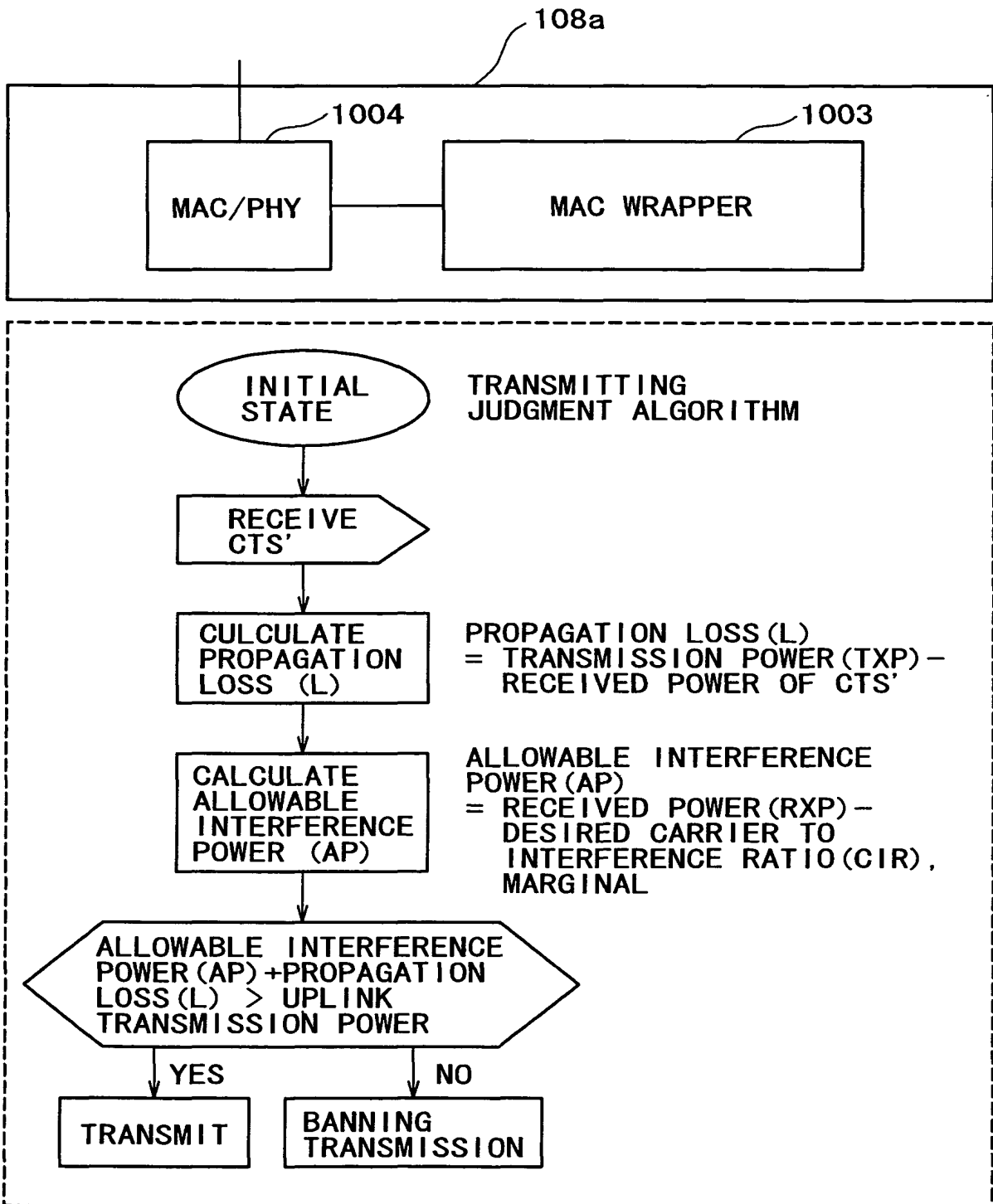


FIG. 25

